



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

***Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Εφαρμογής Υβριδικού Συστήματος για την
Κάλυψη Υδατικών και Ενεργειακών Αναγκών στη Νήσο Λέρο***

Αναστάσιος Λεμονής
Επιβλέπων: Ευάγγελος Μπαλτάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2020

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται το πέρασμα μου από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ. Δεν θα μπορούσα να παραλείψω την αναφορά στους ανθρώπους που με βοήθησαν στην εκπόνηση της διπλωματικής αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή και επιβλέποντα της διπλωματικής μου κ. Ευάγγελο Μπαλτά, για τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια σε όλα τα στάδια της εργασίας, καθώς και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην υλοποίηση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος.

Έπειτα, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην υποψήφια Διδάκτορα Σοφία Σκρουφούτα, για το χρόνο και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το μηχανικό του Δήμου Λέρου κ. Χρήστο Έλληνα, καθώς και τον ηλεκτρολόγο μηχανικό κ. Θωμά Βελή, χωρίς τη βοήθεια των οποίων δεν θα μπορούσαμε να γνωρίζουμε πολλά στοιχεία για την υπάρχουσα κατάσταση της περιοχής μελέτης.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συναδέλφους μου, με τους οποίους περάσαμε μαζί τα φοιτητικά μας χρόνια και μοιραστήκαμε πολλές και όμορφες εμπειρίες.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να μην εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου, την Ευρυδίκη και τον Ανάργυρο, που έχουν σταθεί δίπλα μου και στηρίζουν κάθε μου βήμα.

Αναστάσιος Λεμονής

Νοέμβριος 2020

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	ii
Περίληψη.....	vi
Extended Abstract	viii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Γενική Αναφορά	1
1.2 Αντικείμενο της Εργασίας	2
1.3 Διάρθρωση της Εργασίας.....	3
2 Εισαγωγή στα Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας.....	5
2.1 Γενικά Στοιχεία Υβριδικών Συστημάτων	5
2.2 Πλεονεκτήματα Υβριδικών Συστημάτων	7
2.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα Υβριδικά Συστήματα	8
2.3.1 Αιολική Ενέργεια	8
2.3.2 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	10
2.3.3 Ηλιακή Ενέργεια.....	12
2.4 Αφαλάτωση.....	13
2.4.1 Γενικά Στοιχεία	13
2.4.2 Αντίστροφη Ώσμωση.....	14
2.4.3 Ενέργεια για αφαλάτωση.....	15
3 Γενικά Χαρακτηριστικά Περιοχής Μελέτης.....	17
3.1 Ιστορικά Στοιχεία Λέρου	17
3.2 Γεωγραφικά – Διοικητικά Στοιχεία.....	18
3.3 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά.....	18
3.4 Κλιματικά Χαρακτηριστικά.....	19
3.5 Φυσικό Περιβάλλον και Καθεστώς Προστασίας Περιοχής.....	20
3.6 Δημογραφικά Στοιχεία και Απασχόληση	22
3.7 Υποδομές.....	23
3.7.1 Μεταφορές.....	23
3.7.2 Ύδρευση – Άρδευση	24
3.7.3 Αποχέτευση – Απορρίμματα	25
3.7.4 Ενεργειακό Δίκτυο.....	25
3.8 Οικονομικά Στοιχεία.....	26
3.8.1 Πρωτογενής Τομέας	26
3.8.2 Δευτερογενής Τομέας	27
3.8.3 Τριτογενής Τομέας	27
4 Μεθοδολογία	30

4.1	Εισαγωγή – Τεχνική Περιγραφή Έργου	30
4.2	Επεξεργασία Δεδομένων.....	31
4.2.1	Συνθετικές Χρονοσειρές Βροχόπτωσης	32
4.2.2	Συνθετικές Χρονοσειρές Θερμοκρασίας.....	34
4.2.3	Συνθετικές Χρονοσειρές Ανέμου.....	36
4.3	Εκτίμηση Υδρευτικών, Ενεργειακών και Αρδευτικών Αναγκών	41
4.3.1	Εισαγωγή	41
4.3.2	Εκτίμηση Υδρευτικών Αναγκών.....	45
4.3.3	Εκτίμηση Ενεργειακών Αναγκών.....	47
4.3.4	Εκτίμηση Αρδευτικών Αναγκών	52
4.4	Εκτίμηση Παραγόμενης Ενέργειας.....	60
4.4.1	Εκτίμηση Παραγόμενης Ενέργειας από Ανεμογεννήτριες.....	60
4.4.2	Εκτίμηση Παραγόμενης Ενέργειας από Υδροηλεκτρικό Έργο	61
4.5	Προσομοίωση.....	62
5	Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	65
5.1	Σενάριο 1: Αφαλάτωση σε Προτεραιότητα.....	65
5.2	Σενάριο 2: Ενεργειακή Κάλυψη σε Προτεραιότητα.....	76
5.3	Επανεξέταση Σεναρίων με χρήση του Ταμείου Καινοτομίας - Innovation Fund (IF)	90
5.3.1	Σενάριο 1 – IF.....	91
5.3.2	Σενάριο 2 – IF.....	94
5.4	Ανάλυση Κόστους – Οφέλους	97
5.4.1	Οικονομικές Έννοιες.....	97
5.4.2	Εκτίμηση Συνολικού Κόστους Κατασκευής Έργου	99
5.4.3	Εκτίμηση Ετήσιων Δαπανών Λειτουργίας και Συντήρησης της Εγκατάστασης	102
5.4.4	Αξιολόγηση Επένδυσης.....	102
6	Συμπεράσματα και Μελλοντική Έρευνα.....	114
6.1	Συμπεράσματα	114
6.2	Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	116
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	117

Περίληψη

Η έλλειψη υδατικών πόρων σε συνδυασμό με τους ρυπογόνους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνιστούν σημαντικά προβλήματα, που αντιμετωπίζουν τα ελληνικά άνυδρα νησιά και ιδιαίτερα τα πιο απομακρυσμένα. Τα νησιά αποτελούν κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό της Ελλάδας και συστατικό τμήμα του πολιτισμού και της παράδοσης της χώρας, ενώ παράλληλα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τον τουρισμό και συνεπώς με την ενίσχυση της οικονομία της χώρας. Ωστόσο, λόγω του τουρισμού προκαλείται αύξηση των ενεργειακών και υδατικών αναγκών στα νησιά, κατά την περίοδο της υψηλής επισκεψιμότητας. Η κάλυψη των πρώτων γίνεται είτε από αυτόνομους τοπικούς συμβατικούς σταθμούς παραγωγής (ΤΣΠ) ενέργειας, είτε μέσω σύνδεσης με ενεργειακούς σταθμούς απομακρυσμένων περιοχών, γεγονός που οδηγεί σε ενεργειακή εξάρτηση από άλλες περιοχές και χαμηλή ποιότητα ρεύματος. Αντίστοιχα, για τα άνυδρα νησιά, η κάλυψη των υδατικών αναγκών αποτελεί μια ιδιαίτερα δαπανηρή διαδικασία, καθώς το απαιτούμενο νερό μεταφέρεται στα νησιά με υδροφόρα πλοία.

Σε μια εποχή όπου οι ενεργειακές ανάγκες μεγαλώνουν συνεχώς με αυξανόμενο ρυθμό και η κάλυψη τους μέσω συμβατικών καυσίμων γίνεται εις βάρος του περιβάλλοντος, είναι ζητούμενο να βρεθούν «καθαρές» πηγές ενέργειας. Ειδικότερα, για τα ελληνικά νησιά, τα οποία διακρίνονται για το υψηλό αιολικό δυναμικό τους, ενδείκνυται η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Ωστόσο, έχει διαπιστωθεί πως το ποσοστό κάλυψης των ετήσιων αναγκών από ΑΠΕ δεν μπορεί να υπερβεί περίπου το 30% για τεχνικούς λόγους, εκτός αν προβλέπεται η παράλληλη κατασκευή έργων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Τη λύση στα παραπάνω προσφέρει η τεχνολογία των υβριδικών συστημάτων (ΥΣ), η οποία δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας από αιολικά, φωτοβολταϊκά ή υδροηλεκτρικά έργα, καθώς και έξυπνης διαχείρισης της ενέργειας, ανάλογα με τη διακύμανση της ζήτησης που καλείται να καλύψει.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, προσομοίωση και αξιολόγηση ενός ΥΣ για την κάλυψη των υδατικών και ενεργειακών αναγκών στη νήσο Λέρο, ένα από τα μεγαλύτερα άνυδρα νησιά του ανατολικού Αιγαίου. Το έργο αυτό περιλαμβάνει 7 ανεμογεννήτριες, έναν υδροηλεκτρικό σταθμό (ΥΗΣ), μια μονάδα αφαλάτωσης, ένα αντλιοστάσιο, έναν ταμιευτήρα θαλασσινού νερού και τέλος, έναν ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού που αποτελεί το υφιστάμενο μη εκμεταλλεύσιμο φράγμα. Για την καλύτερη δυνατή επίτευξη των στόχων του ΥΣ, μελετώνται διαφορετικά σενάρια τρόπου λειτουργίας και διασύνδεσης του με τα επιμέρους έργα του, κοινό στοιχείο των οποίων είναι πως ένα ποσοστό της αιολικής ενέργειας παρέχεται απευθείας στο δίκτυο και το υπόλοιπο διατίθεται για άντληση ή/και αφαλάτωση.

Αρχή ανάπτυξης του συστήματος αποτελεί η μελέτη των ιστορικών ενεργειακών, υδρευτικών και αρδευτικών δεδομένων, σε σχέση με τα πληθυσμιακά

χαρακτηριστικά και τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Κατόπιν, για πιο ασφαλή αποτελέσματα, γίνεται παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών των ενεργειακών, υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών σε χρονικό ορίζοντα 40 ετών, όση και η διάρκεια ζωής του έργου, βάσει των διαθέσιμων δεδομένων. Επιπρόσθετα, με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα (ταχύτητες ανέμου), δημιουργούνται συνθετικές χρονοσειρές 40 ετών αντίστοιχα, οι οποίες μετατρέπονται σε αιολική ενέργεια, ανάλογα με τον τύπο ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιείται. Η παραπάνω διαδικασία λαμβάνει χώρα και για χρονικό ορίζοντα 20 ετών, προκειμένου να εξεταστεί η καταλληλότητα της ένταξης της παρούσας μελέτης για χρηματοδότηση από το ταμείο καινοτομίας Innovation Fund της Ευρωπαϊκής Ένωσης του 2020.

Τέλος, πραγματοποιείται ανάλυση κόστους – οφέλους, καθώς θεωρείται απαραίτητη για να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι οικονομικά βιώσιμα και ρεαλιστικά εφαρμόσιμα τα σενάρια που εξετάζονται.

Extended Abstract

The lack of water resources in combination with the polluting conventional power stations are significant problems that the Greek arid islands are facing, especially the most remote ones. Energy needs are constantly growing at an increasing rate and their coverage through conventional fuels is extremely harmful for the environment, therefore it is sought to find "clean" energy sources. In particular, for the Greek islands, which are distinguished for their high wind potential, the use of renewable energy sources (RES) is indicated. Meanwhile, the energy needs in these islands are covered either by a local autonomous power stations (LAPS) or by connection to remote power plants, which leads to energy dependence on other areas and low power quality. Similarly, for arid islands, meeting water needs is a particularly costly process, as the required water is transported to the islands by watercraft. The solution to this is offered by the technology of hybrid renewable energy systems (HRES) combined with a desalination plant, which enables the storage of energy from wind, photovoltaic or hydroelectric projects, as well as, intelligent energy management, depending on the variation of demand that is required to cover.

The object of this research work is the study, simulation and evaluation of an HRES, to meet the water and energy needs of the island of Leros, one of the largest arid islands in the eastern Aegean. This project includes wind turbines (W/T), a hydroelectric power station (HPP), a desalination plant, a pumping station, a seawater reservoir and finally, a desalinated water reservoir which is the existing non-exploitable dam. In order to best achieve the objectives of the HRES, different scenarios of its operation and interconnection with its individual units are examined.

The principle of development of the system is the study and processing of the historical energy and hydrological data. Then, for more accurate results, synthetic time series of energy, water and irrigation needs are produced over a period of 40 years, as the project's lifespan, based on the available data, the population characteristics and arable land. In addition, based on the wind data (wind speeds), synthetic time series of 40 years are created respectively, which are converted into wind energy, depending on the type of wind turbine used. The above process also takes place over a period of 20 years, in order to examine the suitability of the inclusion of this study for funding from the Innovation Fund (IF) of the European Union 2020.

Finally, a cost-benefit analysis is performed, as it is considered necessary to determine whether the scenarios under consideration are economically viable and realistically applicable.

Study Area and Methodological Framework

Leros is located at the southeastern tip of the Aegean Sea and in the northwest of the Dodecanese. Its area is about 54 km², and its coastline is 71 km, making it, thus, the ninth largest island in the Prefecture of Dodecanese. It is, mainly, a rocky island, with small plains between its various hills, while its coasts are strongly.

The climate of Leros, in general, is mediterranean, characterized by mild winters, with plenty of rain, strong winds, at times, and periods with relatively high sunshine. At the same time, it is estimated that the dry or hot season lasts from the end of April until mid-September. According to the Leros meteorological station of the National Meteorological Service (NMS), the average annual temperature is reaching 18.55 °C, while the average monthly values range between 11.04 °C (January) and 26.24 °C (August). Respectively, the average monthly minimum air temperature is 7.35 °C, which is observed in February, while the average monthly maximum temperature is observed in August and amounts to 29.65 °C. As for the absolute minimum and maximum temperatures, the minimum appears in February, where the mercury reaches 0 °C, and the maximum in July with a value that reaches 36.80 °C.

The HRES in this study consists of a wind farm with a total capacity of 4.2 MW, two desalination plants with a total capacity of 2000 m³/d and a capacity of 6.5 kW/m³, in combination with a 10 kW pump, a desalinated reservoir 785000 m³ (which is the existing dam of the island), a pumping station with a total capacity of 2 MW for pumping seawater, a hydroelectric supply station 5 m³/s and a seawater reservoir with a capacity of 780000 m³ at a height of 170 m above sea level.

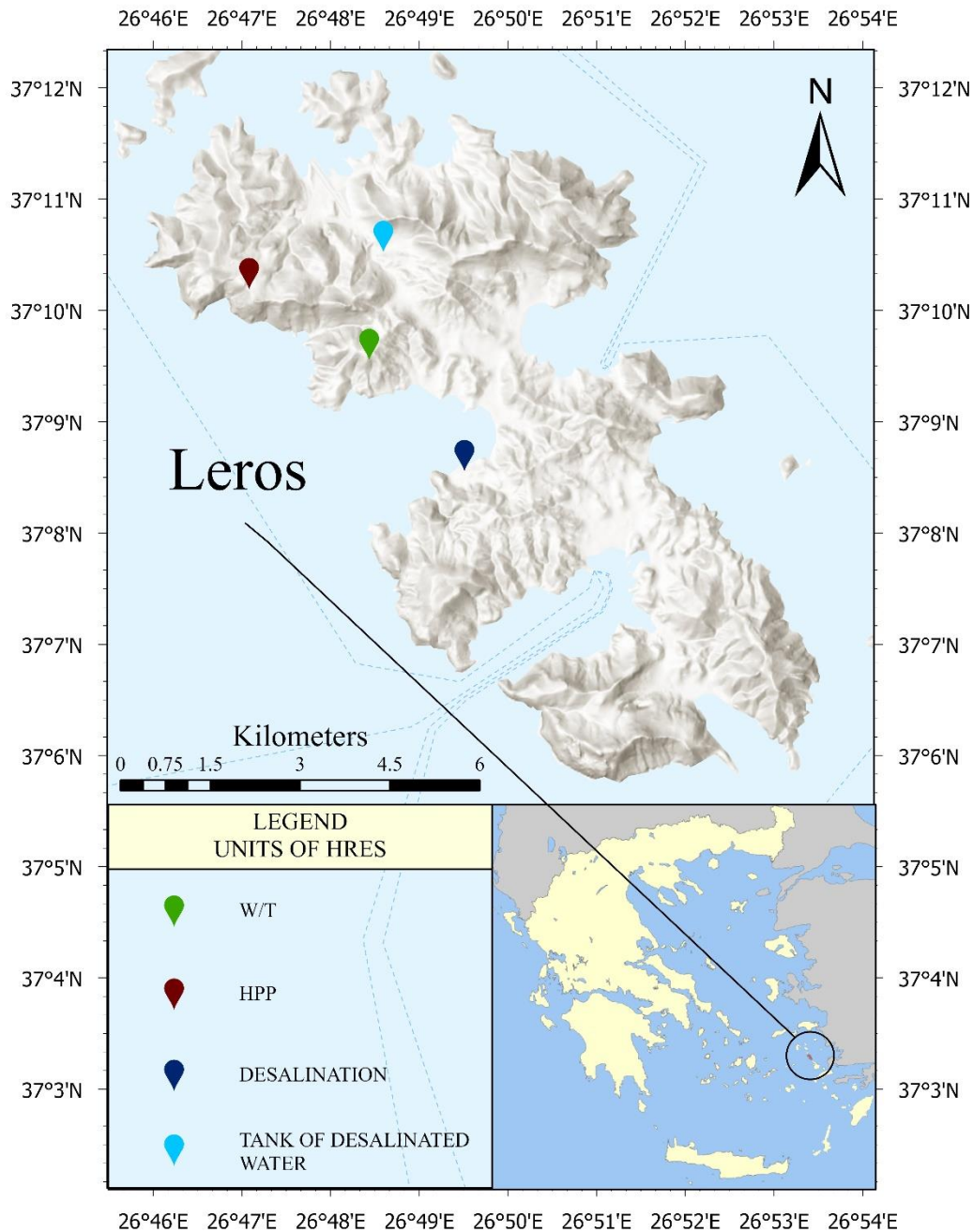


Figure 1: Map of Leros island, HRES locations

Estimates and predictions of natural and hydrological phenomena are usually made, after processing the available historical data with probabilistic and statistical methods. Historical data, or historical time series, is a set of measurements of a physical process, referring to a specific area or location. In the present study, the necessary data, are those of rainfall, temperature and wind speed. As the available historical data are of different durations and the sizing investigation of the technical project cannot be done only on the basis of historical data, it becomes necessary to produce synthetic time series in length of 40 years, to correspond to the lifespan of the HRES under study.

For the rainfall and the temperature, the synthetic time series are produced using ARMA (1,1) - first order self-regression model and first order rolling mean - which includes daily circulation per month based on the statistical characteristics of historical time series (Mimikou, Baltas, Tsihrintzis, 2019). The steps of the production of synthetic wind series are the following (Negra et al., 2007):

- The classification of historic wind speed data based on their speed
- The wind speed state probability
- The state frequency
- The average state duration
- The transition rates, one for the transition up and one for the transition down.

Once 12 probability tables for each month are defined, it is possible to produce synthetic wind speed time series. The step by step procedure is described as follows:

- The wind speed vector (ws) takes an initial value while the time variable take the initial value of 0 hour. For the first simulation year, the initial wind speed vector takes the value that corresponds to the average historic wind speed.
- Two random numbers are created in the interval (0,1) one for the transition up and one for the transition down.
- Calculation of time to up (TTU) and time to down (TTD). h represents the simulation period which is one year.
- If $TTU < TTD$ the wind speed goes to the upper state after TTU hours.
- If $TTD < TTU$ the wind speed goes to the lower state after TTD hours.
- Vector ws and variable t are updated
- The procedure is repeated until t is equal or exceeds h .
- Every time the initial wind speed vector takes the latest value of the previous synthetic wind speed times series.

The above process leads to the production of an annual time series, therefore for the needs of the project examined in the present study and has a lifespan of 40 years, the process is repeated, until 40 synthetic time series are produced. The implementation of the model for the production of time series is carried out using the program Microsoft Excel 365. Figure 2, which shows the frequency-speed comparison of the two time series, verifies the similarity of the historical with the synthetic and finally the reliability of the model.

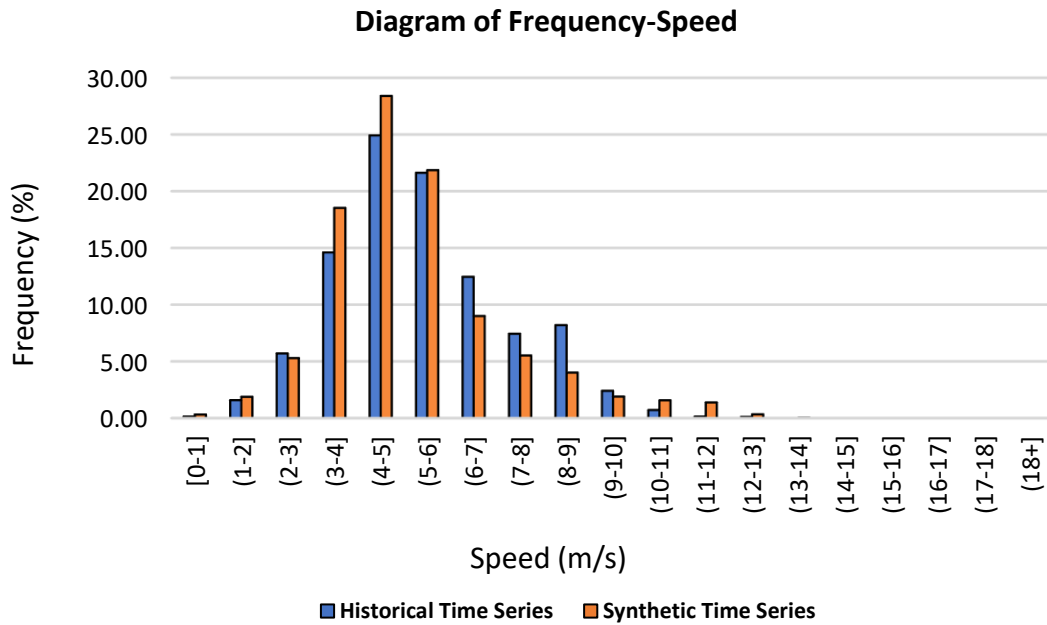


Figure 2: Diagram of Frequency-Speed

Regarding the water and energy needs of the island, the population characteristics of the island are the main factor, that determines their scale. Therefore, it is necessary to reduce the population and its corresponding needs, to the expected population per year, for the life of the project, so that the input data of the model is more accurate.

Concerning the drinking water needs, the typical consumptions are 150 L/d/capita for the permanent population, 200 L/d/capita for the summer residents and 150 L/d/capita for the tourists. The monthly variation of the daily population for one year is calculated. It is obvious that during summer, due to the intense tourist influx, the water needs of the island are quite high, compared to winter months, as shown in Figure 3.

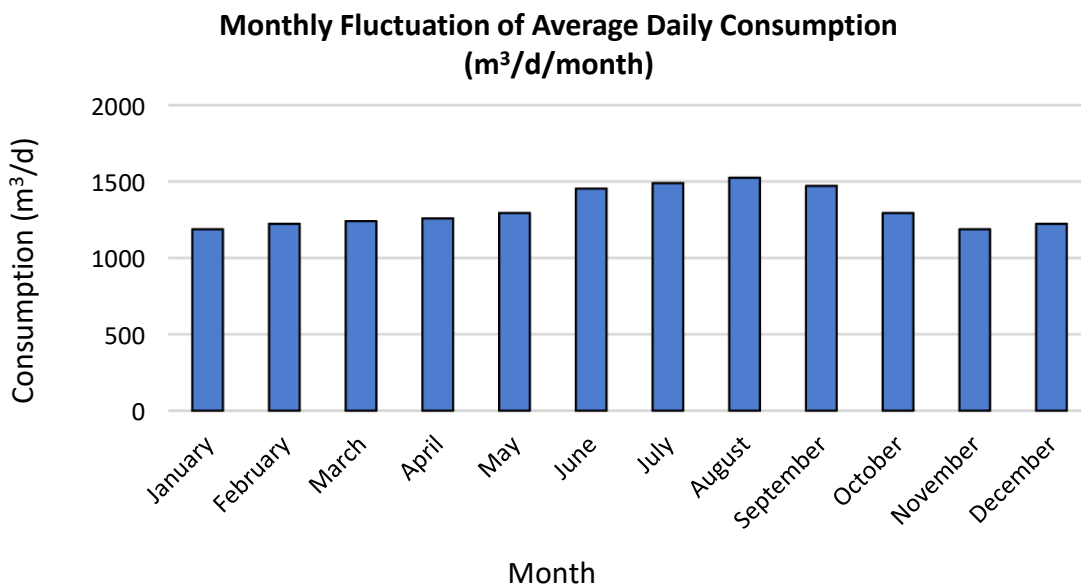


Figure 3: Monthly fluctuation of average daily consumption

The island of Leros covers its energy needs from two LAPSs located in Kalymnos and Kos, through submarine cables. These stations, however, supply energy to a complex of islands, with the result that the consumption for Leros cannot be considered separately. This leads to the assessment of electricity needs based on available data from the neighboring island of Patmos, for the decade 2007 to 2017 (Sarris, 2018). From these data, with appropriate reduction in the population of Leros, the energy needs of the next 40 years are calculated. The Table 1 shows the average daily electricity consumption for the island of Leros for the year 2007 to 2017.

Table 1: Average daily electricity consumption for the island of Leros for the year 2007-2017

Average Daily Electricity Consumption for the Island of Leros (MWh)											
Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
January	105	96	96	99	104	118	114	97	112	108	117
February	113	103	101	99	110	117	109	97	116	93	103
March	103	78	116	95	109	104	98	90	108	90	94
April	112	98	100	94	112	102	94	92	110	93	99
May	108	95	98	106	111	106	115	96	108	104	103
June	156	130	134	139	145	143	145	130	135	151	156
July	190	162	169	175	195	186	157	161	171	174	196
August	206	196	181	240	199	202	211	194	247	232	223
September	131	134	133	138	144	141	145	131	162	143	168
October	89	83	91	92	97	100	97	85	98	92	92
November	84	77	79	84	91	81	86	76	78	83	91
December	97	96	92	96	105	106	115	92	97	110	97

In addition, the estimation of the irrigation needs of the island results from the sum of the livestock needs and the needs of the crops in water. The crops' irrigation needs for the island of Leros are estimated, using the method of Blaney-Criddle, and the total irrigation needs are shown in the Figure 4.

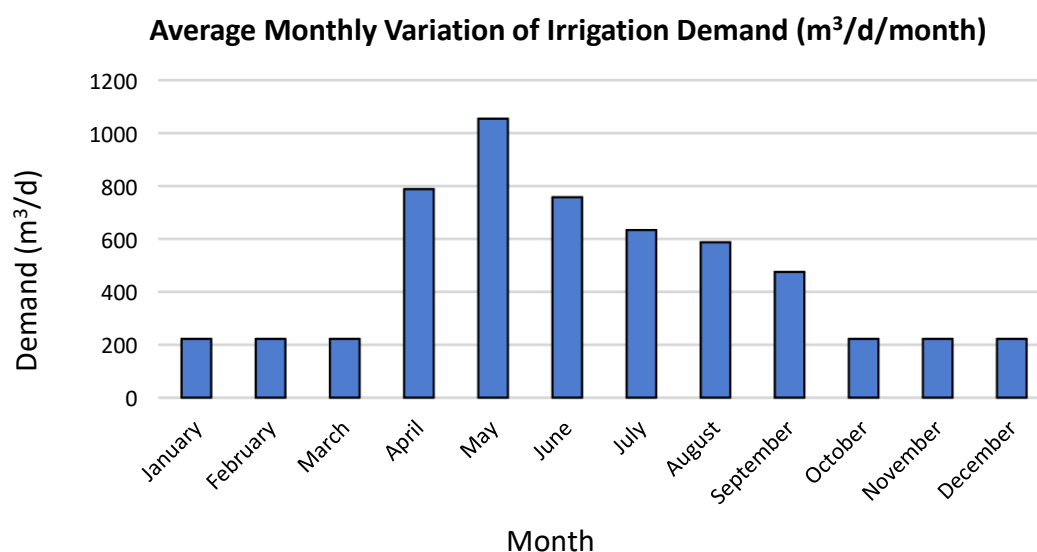


Figure 4: Average monthly variation of irrigation demand

For the studied HRES with desalination, two different operating scenarios are simulated and examined. The first is designed to achieve the highest possible degree of reliability in terms of meeting energy needs, while the second in terms of meeting the needs of water and irrigation. The common element of both scenarios is that 30% of the generated wind energy is lead directly to the grid, while the remaining 70% is used for pumping and desalination, depending on the respective study scenario. In addition, in both scenarios, the island is supplied with electricity, through submarine cables from the LAPS of Kos, only in case of inability to meet the energy demand from the RES of HRES.

The simulation of the model is performed, using the Microsoft Excel 365 program, which accepts as data:

- The hourly time series of energy demand.
- The hourly time series of water supply and irrigation demand.
- The hourly time series of energy production from the wind farm.
- The characteristics of the hydroelectric project, ie turbine power and manometric height of the seawater reservoir, as well as the capacity, the maximum and the minimum level of the latter.
- The characteristics of the desalination units, ie unit power, desalinated water production and capacity of the respective reservoir.

The hourly time series, introduced in the model, are 40 or 20 years long respectively, depending on the scenario being simulated, and based on these the following output results are obtained:

- The hourly series of electricity generated by the hydroelectric project.
- The hourly series of electricity, produced in total by the RES of the hybrid project.
- The hourly time series of the electricity deficit.
- The hourly series of produced quantity of water and irrigation water.
- The hourly time series of the maximum and minimum level of the tanks.
- The reliability of water supply and irrigation of the hybrid system for each year and month.
- The percentage of coverage of energy demand by each form of energy production of the HRES for each year and month, and finally,
- The annual time series of total revenues and expenditures of the system for electricity and water.

Cost – benefit Analysis and Discussion of Results

Scenario 1 – 40 years

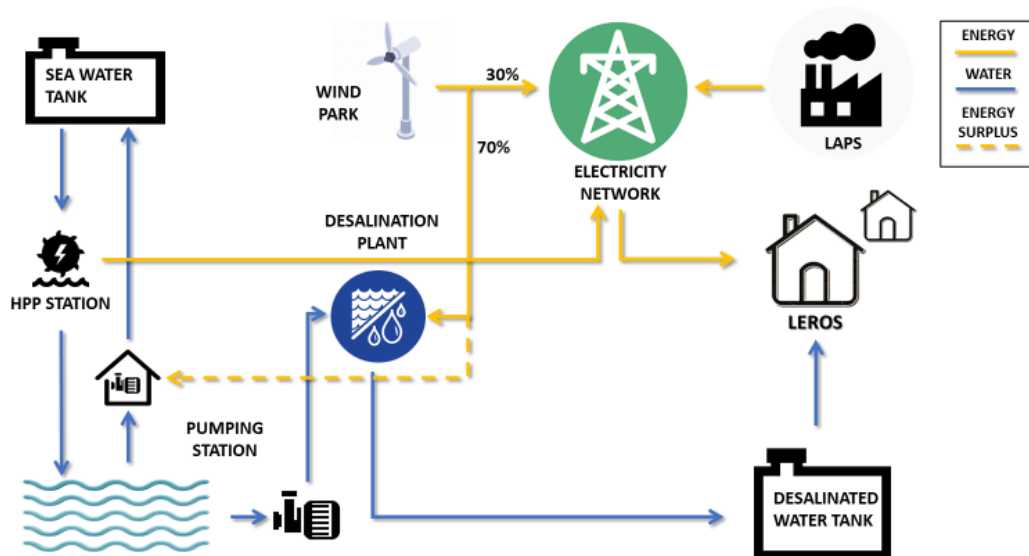


Figure 5: Schematic diagram of scenario 1 operation

In Scenario 1, the operation of the HRES is examined, which sets as a priority the coverage of the energy needs of the desalination and then the coverage of the energy demand. Specifically, as shown in Figure 5, the 30% of the electricity generated by the wind farm is distributed directly to the grid, while the remaining 70% goes to the desalination plant for drinking water production and then to the pumping station, for pumping seawater. Figure 6 shows the management of wind energy production.

Management of Wind Energy Production

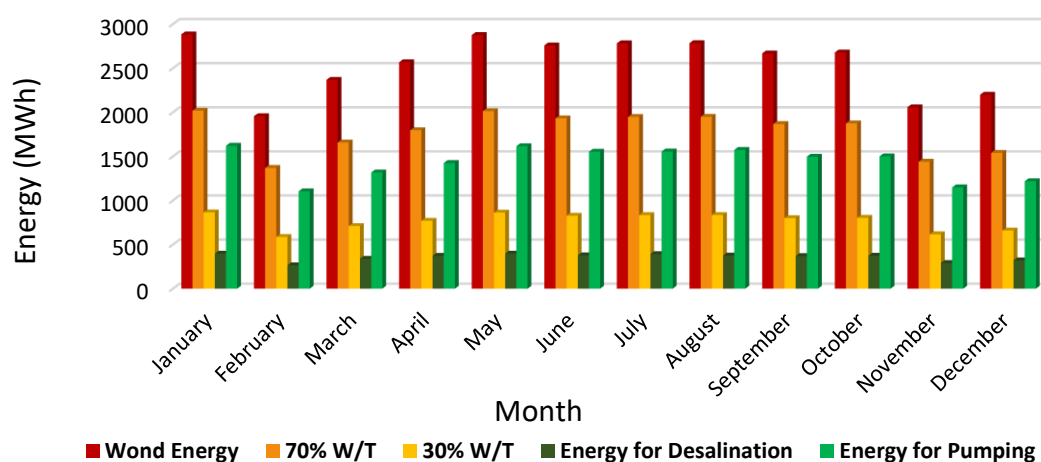


Figure 6: Management of wind energy production

As it turns out, scenario 1 is worthy of its expectations regarding water supply, since the priority of this operation is to meet the water needs of the island and achieves almost 100% reliability. This high reliability is explained by the large volume of the

desalinated water reservoir, combined with the production of the necessary energy for the operation of the desalination plant.

The contribution power of each energy source (wind turbines, hydropower and energy from the PPC network) to cover the entire island's power demand, is shown in Figure 7. The average monthly contribution of the hydropower is greater than the contribution of the wind turbines and the national network of PPC (Figure 8), but there are months where the quantity demanded is mainly covered by PPC. The total annual energy production is constantly above 28000 MWh and the maximum annual production is 35000 MWh, while the maximum annual energy demand is 46000 MWh.

Coverage Percentage of Energy Needs (%)

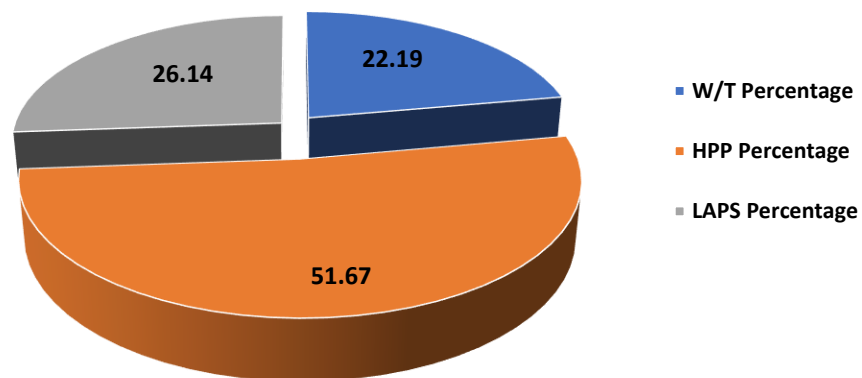


Figure 7: Coverage percentage of energy needs

Average Monthly Energy Production (MWh/month)

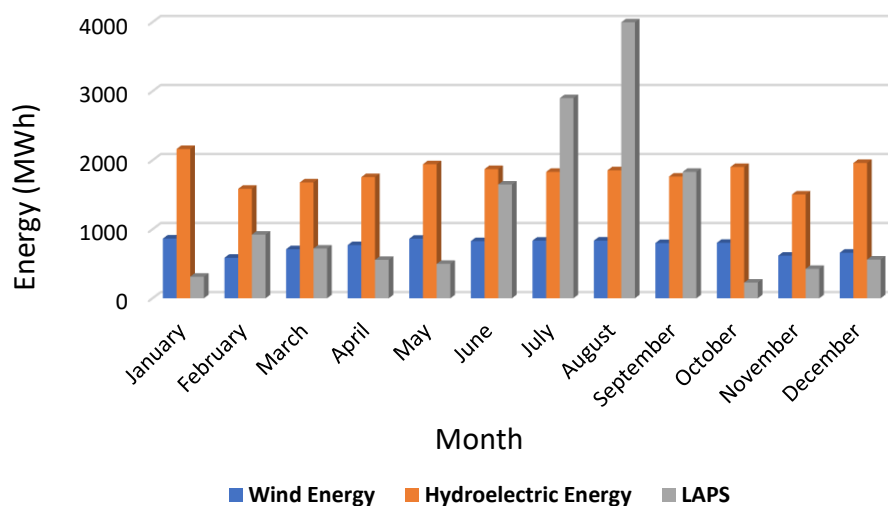


Figure 8: Average monthly energy production

Scenario 2 – 40 years

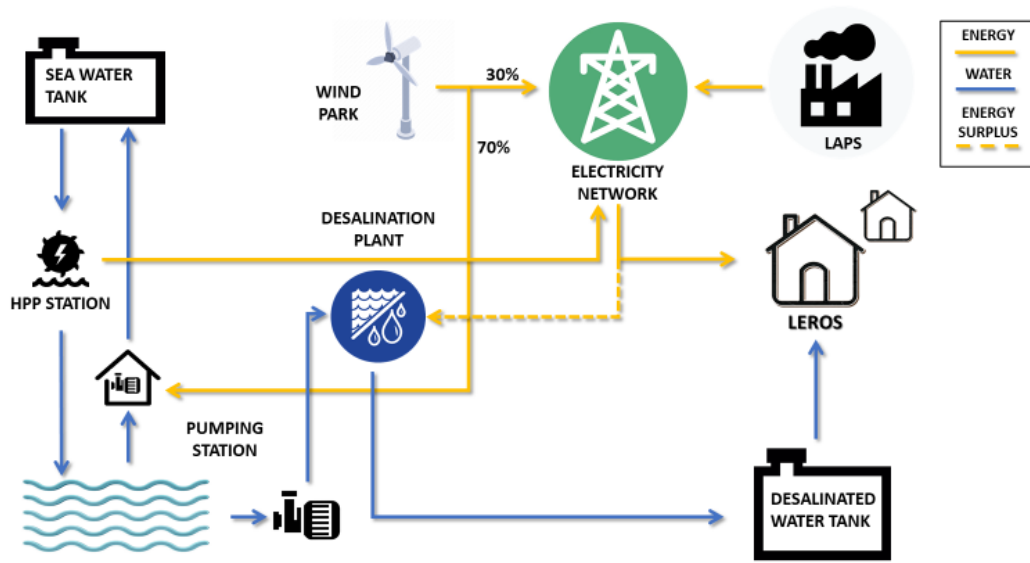


Figure 9: Schematic diagram of scenario 2 operation

In Scenario 2, on the other hand, the operation of the HRES is examined, aiming to cover the energy needs of the island first and then to cover the energy demand of the desalination plant. Specifically, as shown in Figure 9, the 30% of the generated wind energy is distributed directly to the grid, while the rest is directed this time for pumping seawater. In the present scenario, the desalination plant operates on the basis of excess energy from the HPP. Figure 10 shows the management of the average monthly energy produced.

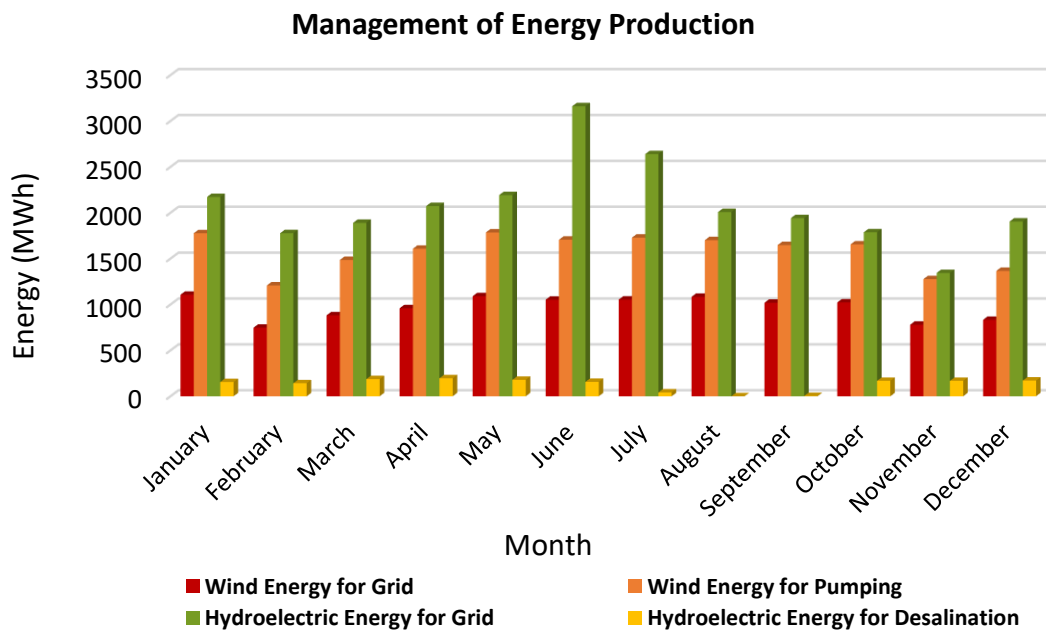


Figure 10: Management of energy production

This scenario, results in the reliability of the system, which means the number of days, during a year, when the island manages to be energy independent because of the hybrid system and is shown in Figure 11. In an average percentage of 15.91% of the project’s lifespan, the island cannot meet the needs of electricity through the HRES, while the remaining 84.09%, the island can be autonomous.

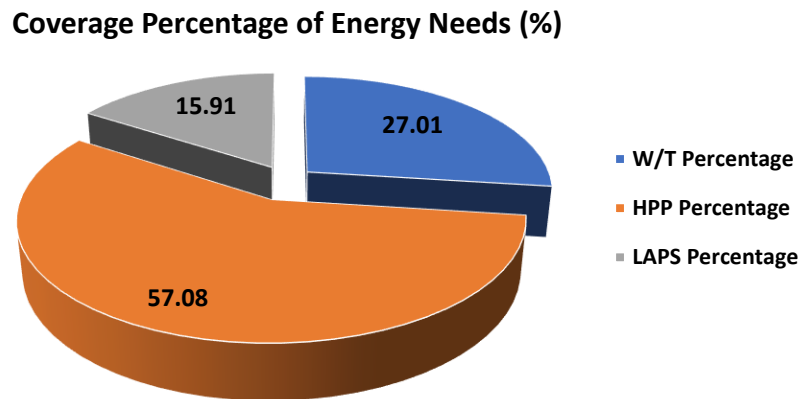


Figure 11: Coverage percentage of energy needs

Regarding the water supply, the examined operation of the system shows quite high reliability, since it seems to exceed 85% in the coverage of its needs. On the other hand, in the case of irrigation, there is a greater decrease in the total coverage of needs, however the system can cover more than 60% of its needs. Inductively, compared to scenario 1, the drop, in reliability in water supply and irrigation, is observed due to the high energy needs of the island during the summer, which limits the energy produced to cover its peaks, as not enough is produced to meet the energy demand of the island and of the desalination plant.

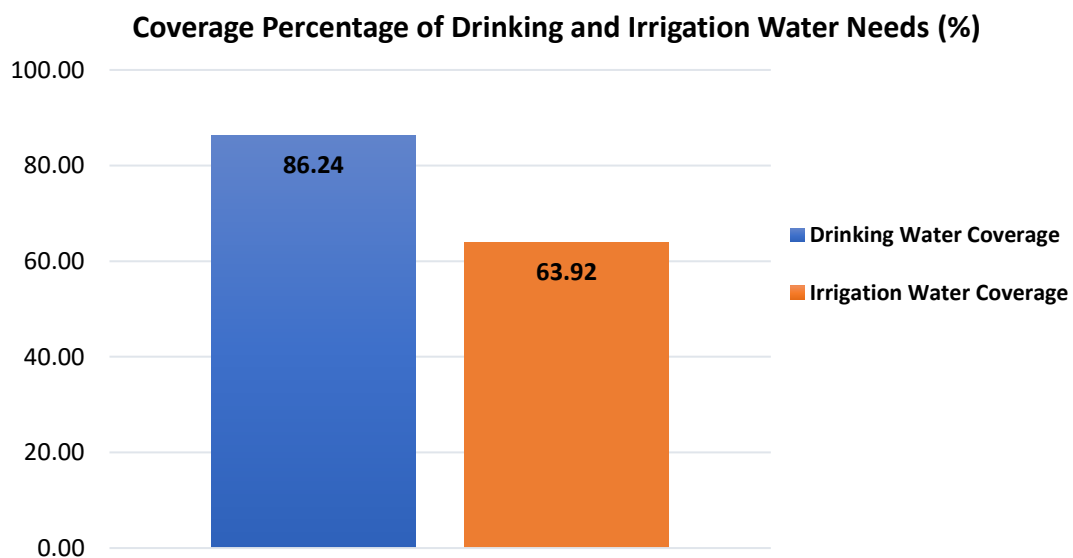


Figure 12: Coverage percentage of drinking and Irrigation water needs

Scenario 1 – IF

The principles, governing the operation of the system in this scenario, are exactly the same as those in scenario 1 for 40 years of operation. Therefore, the results for each year individually for the first 20 years are identical, while collectively the reliability of the system in meeting the water, irrigation and energy needs is improved. Thus, for both water supply and irrigation, the percentage of coverage of the needs is almost 100% in total for the 20 years of operation. The system behaves similarly in the case of the energy coverage.

Specifically, there is a decrease in the operation of the LAPS by nearly 0.25%, while the contribution of the wind farm and the HPP has increased by 0.01% and 0.24% respectively. These changes show that the reduction of the LAPS, in fact, comes to cover the HPP, since it has approximately a corresponding increase in the contribution to the energy balance of the island.

As mentioned, the energy and water needs that the system comes to cover, correspond to the population of the island that is growing geometrically every year. Therefore, the increase in reliability is entirely a result of the reduced population that comes to serve the system in its 20 years of operation, compared to that in the 40 of the previous scenario.

Scenario 2 – IF

As in scenario 1 - IF, in the present scenario the results of the simulation, individually for each year, are the same as the original, while the overall reliability of the system in terms of energy, water and irrigation needs increases. In the case of the system's response to energy needs, compared to the corresponding scenario for 40 years, the rate of coverage of energy needs by RES does not show a strong change, as it increases by nearly 0.09%.

In the case of water supply and irrigation, the system seems to achieve a significant improvement in the reliability of their coverage, although it is not a priority. In particular, there is an increase in reliability in terms of water supply and irrigation, by about 10% and 23% respectively. This significant improvement in reliability is a result of the reduced energy and water supply needs, cumulatively for 20 years versus 40, which contributes to the extra energy for desalinated water production and ultimately to a larger volume of drinking water in the reservoir.

Finally, it appears that in relation to the corresponding scenario with a time horizon of 40 years, the present shows a significant increase in its reliability, mainly in terms of water supply and irrigation, while on the other hand, the system's response to the energy issue does not seem to change much.

In order to examine the financial viability of the project, a cost-benefit analysis is requisite. Net Present Value (NPV) is the value obtained by discounting to present all of the annual net cash provided throughout the term life of an investment (in this case 40 and 20 years) and Internal Rate of Return (IRR) is the discount rate at which the

NPV becomes zero. Leros has part of the necessary infrastructure of the HRES, the construction of which is being examined. However, the analysis of the economic viability of the system takes place for the first scenario and both for the current situation of the island and for the theoretical situation, in which the project is constructed entirely from the beginning. In the case of 20-year time scenarios, funding is received from the 2020 Innovation Fund. This method is used to estimate whether the project is viable or not and the results are shown below.

For 40-year time scenarios, 40% subsidy will be provided through an operational program for the propulsion of RES in the islands, while for those of 20 years, the funding will be received from the Innovation Fund and is about 60% of the investment. The rest of the investment will be covered with a bank loan and own participation in such a way that the own participation is in the 1 million €. The repayment period of the loan is considered equal to 10 years, using the equity method.

The tax rate on net profits is 35%, the discount rate is 3% and the depreciation rate is 10%. While the residual value of the project is considered null, it assumes that the State grants the right to a private company for a certain period and after that time the project is transferred back to the State, which can exploit the project itself or give back to another company. Investment income comes from the sale of water and energy. Ostensive, in the Figures 13 to 16 are shown the changes in NPV and IRR for different water and energy prices for the theoretical situation of the island, for 40 and for 20 years, in order to show the efficiency of the project according to the selling price of water and electricity.



Figure 13: NPV and IRR for various selling prices of desalinated water

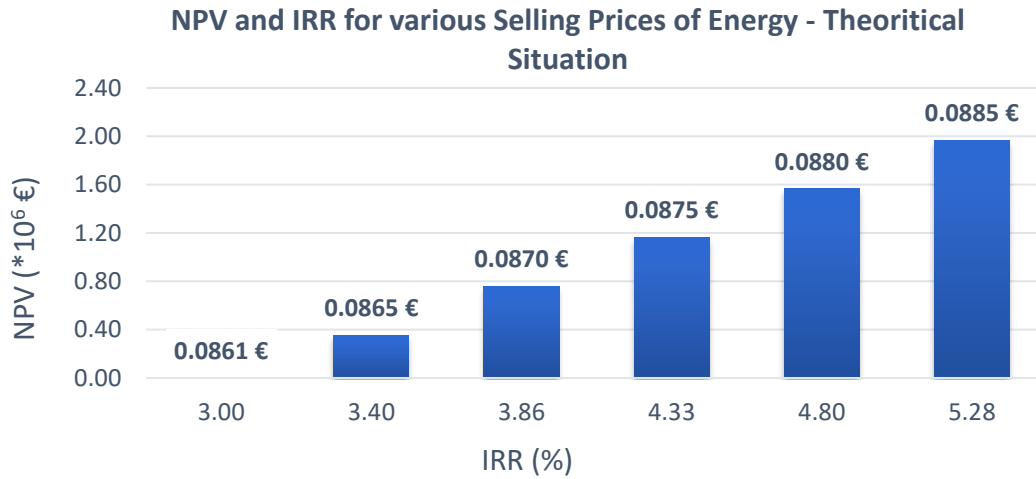


Figure 14: NPV and IRR for various selling prices of energy

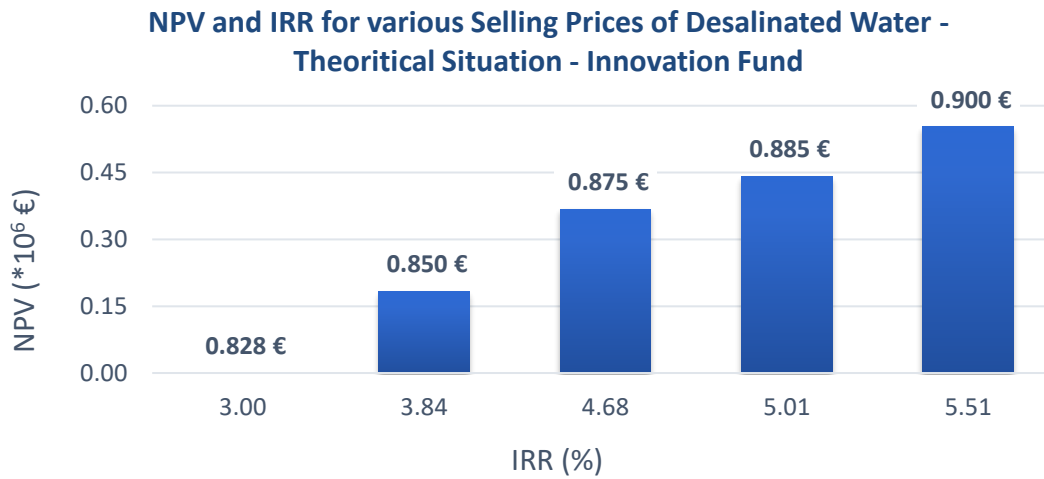


Figure 15: NPV and IRR for various selling prices of desalinated water

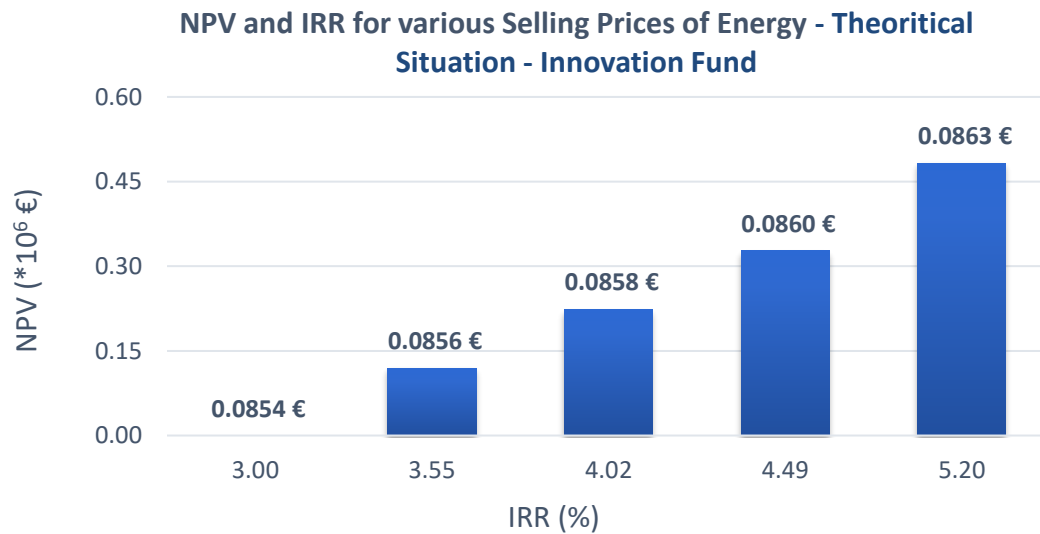


Figure 16: NPV and IRR for various selling prices of energy

Due to the large amount of energy and water produced, it is observed that for a small increase in the selling price of either energy or water, the NPV increases significantly. Correspondingly, as the selling price of water increases, so does the cost of capital that would make the NPV of the investment null. In addition, the investment in the case of IF financing seems to be more economically advantageous than in the second case, since for lower water and energy sales prices, it achieves corresponding IRR values. The benefits of the island's energy autonomy should not be overlooked, as well as, the multiple environmental benefits of the project, such as the reduction of the consumption of conventional fuels.

Conclusions and Future Research

In general, it is concluded that the unspecified, in terms of time and quantity, energy supply of RES, in combination with the environmental consequences caused by conventional power plants, has led to the research and development of HRESs. These have the advantage of being able to store energy, using environmentally friendly RES, while their main goal is to combine different energy sources, in such a way, as to ensure a continuous and stable energy supply. Also, HRESs can be developed as autonomous and independent systems or integrated into an existing network. All things considered, it is indicated to apply them in remote areas or non-interconnected islands, such as Leros, where their connection to the electricity grid is considered an uneconomical choice.

In addition, the Aegean islands, including the island of Leros, face water scarcity, endangering the inhabitants of the islands due to water scarcity, but also their agricultural, livestock, and ultimately economic development. This problem occurs due to the limited drainage basins of the islands, while it is especially acute during the summer, due to increased needs for irrigation water, as well as, due to the high tourist influx. This problem can be addressed with the desalination process, due to its suitability for connection to wind turbines and photovoltaics. Based on its latest feature, it is considered very efficient to integrate such a desalination plant into a HRES.

Concerning the results of the simulation model, it is drawn that the population of the island of Leros is increasing significantly during the summer months due to tourism, while there is generally a steady geometric increase in the population (both residents and vacationers/tourists). This, therefore, causes corresponding increases in energy and water needs. Nonetheless, in scenario 1, in which the priority is the water supply, there is almost complete coverage of the water supply and irrigation needs, while the energy coverage of the island for the 40 years of operation shows almost 74%. On the other hand, scenario 2 appears more reliable in meeting the energy needs of the island, where energy is the primary goal of the system, covering about 84% of the total needs for 40 years, as well as 86% and 64% of the water needs and irrigation respectively. Additionally, Scenario 1 for both 40 and 20 years of lifespan, does not show significant changes, in contrast to the second scenario, for a period of 20 years, which shows a significant improvement in reliability in terms of water supply and

irrigation. This overall increase in reliability, observed in scenario 2, happens due to the reduced population required to serve in its entire 20 years of operation. All things considered, the cost-benefit analysis shows that the installation of the project can be a profitable investment, while at the same time it can make the sale prices of energy and water more advantageous.

Based on this research work and its results, further research is suggested in the interconnection of Leros with neighboring islands, or even with the mainland network, in combination with the expansion of the total power of the HRES, in order to enable the island to export electricity and ultimately increase the profit of its municipality. Finally, when the desalinated water reservoir is full more than a certain amount, part of the water volume could be used for enrichment of the underground aquifer, as well as, sale of this water to neighboring islands for additional profit.

1 Εισαγωγή

1.1 Γενική Αναφορά

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται παγκόσμια προσπάθεια ένταξης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο. Αυτό εξηγείται από τη συνεχή αύξηση του πληθυσμού και τις διαρκώς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες του, οι οποίες οδηγούν στη μείωση των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων και των πρώτων υλών για παραγωγή ενέργειας. Παράλληλα, τα καύσιμα αυτά θεωρούνται υπεύθυνα για την περιβαλλοντική ρύπανση και την υπερθέρμανση του πλανήτη, καθώς η καύση τους απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), όπου συμβάλλουν σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι ΑΠΕ έχουν τεθεί σε βασική προτεραιότητα, γεγονός που επιβεβαιώνει το [Πρωτόκολλο του Κιότο](#), το οποίο υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1997 από τα Ηνωμένα Έθνη, και αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες διεθνείς νομοθετικές πράξεις καταπολέμησης των κλιματικών μεταβολών. Αξίζει να σημειωθεί πως απόρροια των παραπάνω είναι η σύνταξη της [Οδηγίας 2009/28/ΕΚ](#), στόχος της οποίας είναι η συμβολή των ΑΠΕ σε ποσοστό 20% στην τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2020.

Η εγκατάσταση και λειτουργία συνδυασμού ΑΠΕ θεωρείται αναγκαία ιδιαίτερα για τα νησιά της Ελλάδας και κυρίως τα μη διασυνδεδεμένα, αφού εκεί η ενέργεια καλύπτεται είτε μέσω της σύνδεσης τους με το δίκτυο κάποιας απομακρυσμένης περιοχής, ηπειρωτική χώρα ή γειτονικό νησί, είτε από αυτόνομους ενεργειακούς σταθμούς. Στην πρώτη περίπτωση, με τη χρήση ΥΣ, εξαλείφονται συχνές πτώσεις ενέργειας και αρρυθμίες στις περιόδους υψηλής ενεργειακής ζήτησης, ενώ παράλληλα το νησί καθίσταται ενεργειακά ανεξάρτητο. Στη δεύτερη περίπτωση, καλύπτεται σημαντικό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το λειτουργικό κόστος των συμβατικών μονάδων. Επομένως, συμπεραίνεται ότι τα νησιά πρέπει να απεξαρτηθούν από τα συμβατικά καύσιμα και να συνεισφέρουν στην επίτευξη των εθνικών στόχων με τη δημιουργία μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.

Τα ελληνικά νησιά χαρακτηρίζονται από πλούσιο αιολικό δυναμικό το οποίο καθιστά την εκμετάλλευσή του από ανεμογεννήτριες (Α/Γ) πολύ ελκυστική και αποδοτική. Παρόλα αυτά, το δυναμικό αυτό αποτελεί ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο χαρακτηρίζεται από έντονη μεταβλητότητα και περιορίζει το βαθμό αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό συμβαίνει, διότι οι απότομες αυξομειώσεις της παραγόμενης ενέργειας των Α/Γ και η περιορισμένη δυνατότητα τους να ελέγχουν την ισχύ τους καθιστούν αμφίβολη την απόδοση και την αξιοπιστία τέτοιων εγκαταστάσεων σε μη διασυνδεδεμένες περιοχές. Αντίστοιχα, παρόμοια χαρακτηριστικά παρουσιάζουν και οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών, σε πολύ μικρότερο βαθμό ωστόσο. Τα παραπάνω υποδεικνύουν την εξάρτηση των ΑΠΕ από τα φυσικά φαινόμενα και τη χαμηλή αξιοπιστία τους στην κάλυψη πάγιων αναγκών.

Την αδυναμία των ΑΠΕ είναι δυνατόν να καλύψει ο σχεδιασμός και η υλοποίηση Υβριδικών Ενεργειακών Έργων (ΥΕΕ). Στόχος των ΥΕΕ είναι η παραγωγή ενέργειας μέσα από συνδυασμό διαφορετικών μορφών ΑΠΕ, όπως αιολικής, ηλιακής και υδροηλεκτρικής με τη δυνατότητα αποθήκευσης της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας. Αποθήκευση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες μεθόδους, ωστόσο η πιο διαδεδομένη και φιλική προς το περιβάλλον αποτελεί η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης. Αξιοσημείωτο παράδειγμα ενός τέτοιου έργου στην Ελλάδα αποτελεί το ΥΣ της Ικαρίας, συνολικής ισχύος 6.8 MW. Το έργο σχεδιάστηκε για την παραγωγή αιολικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας, αξιοποιώντας τις λιμνοδεξαμενές του νησιού, προκειμένου να καλυφθούν οι αυξανόμενες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, υποκαθιστώντας σημαντικά τον υπάρχοντα πετρελαϊκό σταθμό (Παπαευθυμίου, 2012).

Παράλληλα με την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, εξίσου σημαντική είναι η κάλυψη των υδατικών αναγκών, τόσο της ύδρευσης όσο και της άρδευσης. Μεγάλος αριθμός νησιών στην Ελλάδα αντιμετωπίζει το πρόβλημα της ανεπάρκειας σε υδατικούς πόρους, με αποτέλεσμα να επιβαρύνονται οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες των νησιών καθώς και η ίδια η διαβίωση των κατοίκων. Αυτά προκαλούνται είτε επειδή το βρόχινο νερό χάνεται λόγω της έντονης μορφολογίας των νησιών, είτε από πρόσμιξη του υπόγειου υδροφορέα με θαλασσινό νερό ιδιαίτερα εξαιτίας της υπεράντλησης των γεωτρήσεων. Τους καλοκαιρινούς μήνες η κατάσταση δυσχεραίνεται λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών, της ξηρασίας και της αυξημένης τουριστικής κίνησης. Ωστόσο, τα προβλήματα αυτά συναντώνται πιο έντονα στα άνυδρα νησιά των Κυκλάδων και Δωδεκανήσων, όπως είναι η Αμοργός, η Δονούσα, η Πάτμος, η Λέρος κ.α. Καθίσταται, λοιπόν, επιτακτική η ανάγκη εύρεσης μιας βιώσιμης λύσης για τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων καθώς και την ευρύτερη ανάπτυξη των νησιών αυτών.

Η λειψυδρία μπορεί να αντιμετωπιστεί κατάλληλα και αποτελεσματικά με μεταφορά νερού, με κατασκευή φράγματος για την αξιοποίηση του βρόχινου νερού και, τέλος, με εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης. Η πρώτη είναι η πιο διαδεδομένη λύση καθώς τα περισσότερα νησιά υδροδοτούνται με πλωτά μέσα. Παρόλο που αποτελεί μια πολύ απλή λύση, είναι πολύ δαπανηρή, αφού το κόστος ανά κυβικό μέτρο του παρεχόμενου νερού μπορεί να φτάσει και τα 12 €/m³. Αντίστοιχα, παρόλο που η ύπαρξη φράγματος αποτελεί μια πιο αποτελεσματική λύση, η αλλοίωση του φυσικού ανάγλυφου και του περιβάλλοντος του νησιού μπορεί να λειτουργήσουν ως ανασταλτικοί παράγοντες για την κατασκευή του. Τέλος, αφαλάτωση είναι η διεργασία μετατροπής του αλμυρού ή υφάλμυρου νερού σε πόσιμο νερό ή νερό για άρδευση. Έχει σχετικά υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις, ωστόσο, σε συνδυασμό με την εγκατάσταση ενός κατάλληλα σχεδιασμένου ΥΣ μπορεί να αποτελέσει τη μόνιμη λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας.

1.2 Αντικείμενο της Εργασίας

Αντικείμενο της εργασίας είναι μια σύντομη και συνεκτική βιβλιογραφική παρουσίαση των ΥΣ και η μελέτη και αξιολόγηση ενός στη νήσο Λέρο, το οποίο θα

περιλαμβάνει ανεμογεννήτριες, μια μονάδα αφαλάτωσης, έναν ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού, έναν ΥΗΣ, έναν αντλητικό σταθμό και έναν ταμιευτήρα θαλασσινού νερού προσομοιώνοντας τη λειτουργία του συστήματος σύμφωνα με τους κανόνες και τους περιορισμούς που ορίζονται από την παρούσα μελέτη. Ζητούμενο της προσομοίωσης είναι τόσο η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας ενός υβριδικού ενεργειακού συστήματος διαφόρων μορφών ενέργειας για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και η εκτίμηση της αξιοπιστίας και της αποδοτικότητας αυτού του συστήματος ως προς την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών καθώς και των υδατικών, αναφορικά με την ύδρευση και την άρδευση.

1.3 Διάρθρωση της Εργασίας

Η εργασία ξεκινά με το Κεφάλαιο 2, όπου παρουσιάζονται τα ΥΣ, οι ΑΠΕ με τις οποίες αυτά μπορούν να συνδυαστούν και η διαδικασία της αφαλάτωσης. Συγκεκριμένα, αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας και τα θετικά των ΥΣ, παρουσιάζονται οι ΑΠΕ και η παραγωγή ενέργειας από κάθε μορφή και τέλος, γίνεται αναφορά στην αφαλάτωση και συγκεκριμένα στη μέθοδο αντίστροφης ώσμωσης και πώς αυτή συνδυάζεται με ΑΠΕ, αφού αυτή είναι ενταγμένη στο εξεταζόμενο σύστημα της παρούσας εργασίας.

Κατόπιν, στο Κεφάλαιο 3, περιγράφεται η υπάρχουσα κατάσταση στο νησί της Λέρου. Συγκεκριμένα, εξετάζονται στοιχεία ιστορικά, διοικητικά, μορφολογικά και κλιματικά, το καθεστώς προστασίας περιοχής, υδροδότησης, οικονομικής δραστηριότητας, υποδομών κ.α..

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 4, γίνεται πλήρης παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθείται για τη προσομοίωση του ΥΣ στη Λέρο. Αρχικά, αναφέρονται τα βασικά τεχνικά στοιχεία που απαρτίζουν το σύστημα και περιγράφεται η διαδικασία προετοιμασίας της προσομοίωσης, η οποία περιλαμβάνει την επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων που λαμβάνονται για την περιοχή της Λέρου, τη διακύμανση του πληθυσμού και την εκτίμηση του για τα έτη λειτουργίας του έργου που εξετάζεται. Στη συνέχεια, γίνεται εκτίμηση των αναγκών ύδρευσης, άρδευσης και ενέργειας του νησιού, καθώς και της παραγόμενης ενέργειας από το ΥΣ. Τέλος, αναφέρονται τα διαφορετικά σενάρια λειτουργίας του συστήματος και χρήσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 5, ακολουθεί πλήρης περιγραφή και προσομοίωση του μοντέλου για το σύνολο των διαφορετικών σεναρίων λειτουργίας του ΥΣ. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στο Ταμείο Καινοτομίας – Innovation Fund 2020 για το οποίο λαμβάνει χώρα εκ νέου η προσομοίωση των παραπάνω σεναρίων. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την Ανάλυση Κόστους – Οφέλους για κάθε ένα από τα προαναφερθέντα σενάρια λειτουργίας, με σκοπό την οικονομική αξιολόγηση του έργου και σύγκριση των αναμενόμενων οφελών από το προτεινόμενο υβριδικό έργο.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6, παρατίθενται τα κύρια συμπεράσματα που προέκυψαν μέσα από κάθε κεφάλαιο, καθώς και δίνονται ερεθίσματα για περαιτέρω ανάλυση και ανάπτυξη.

2 Εισαγωγή στα Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας

2.1 Γενικά Στοιχεία Υβριδικών Συστημάτων

Οι ΑΠΕ αποτελούν, προς το παρόν, τη μοναδική απάντηση στην πορεία προς μια βιώσιμη, φιλική προς το περιβάλλον και συνάμα οικονομική διαχείριση της ενέργειας. Η στρόφη προς τις ΑΠΕ είναι ιδιαίτερα προσιτή στη χώρα μας, καθώς η Ελλάδα είναι ευνοημένη με πλούσιο ενεργειακό δυναμικό προερχόμενο από ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, και ειδικά τα νησιά της. Παρόλα αυτά, η ενέργεια που παράγεται από τις διατάξεις των ΑΠΕ, όπως οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) και τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πλαίσια, κυμαίνεται σημαντικά σε ημερήσια, ωριαία και εποχιακή βάση εξαιτίας της μεταβολής της έντασης του ανέμου, της διαθεσιμότητας του ηλίου και άλλων ανανεώσιμων πηγών. Συνεπώς, οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της χρονικής αναντιστοιχίας της παραγωγής (προσφοράς), η οποία δεν επιδέχεται ανθρώπινο έλεγχο, με την κατανάλωση ενέργειας (ζήτηση), με αποτέλεσμα η ενέργεια ορισμένες φορές να μην είναι διαθέσιμη όταν απαιτείται, ενώ σε άλλες περιπτώσεις να μην αξιοποιείται το πιθανό ενεργειακό πλεόνασμα. Δημιουργείται, επομένως, η ανάγκη της ενσωμάτωσης της ενεργειακής αποθήκευσης (αντλησιοταμίευση, συσσωρευτές ενέργειας κ.α.) στα συστήματα παραγωγής των ΑΠΕ με σκοπό την εξομάλυνση των ενεργειακών αιχμών και την ελεγχόμενη παροχή προς το δίκτυο, δηλαδή, την καλύτερη εκμετάλλευση και απόδοση των ΑΠΕ. Την ανάγκη αυτή έρχεται να καλύψει η τεχνολογία των ΥΣ (Βρεττός, 2010).

Ο όρος Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας περιγράφει το συνδυασμό διαφορετικών, αλλά και συμπληρωματικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας βασισμένων στις ΑΠΕ, όπως και το συνδυασμό ανανεώσιμων και μη πηγών ενέργειας. Τα ΥΣ, συνήθως, περιλαμβάνουν μία ή και περισσότερες ΑΠΕ, συνδυασμένες με συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, λύση που έχει ως πλεονέκτημα σε περίπτωση αδυναμίας παροχής ενέργειας από τη μια πηγή, να χρησιμοποιείται η εφεδρική, οπότε το σύστημα να μην τίθεται εύκολα εκτός λειτουργίας και να αυξάνεται η αξιοπιστία του (Εμμανουηλίδης, Κάραλης, 2011).

«Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας» ονομάζονται τα συστήματα που χρησιμοποιούν πολλαπλές διατάξεις ενεργειακής μετατροπής ή περισσότερα του ενός καύσιμα, με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τέτοιο σύστημα είναι δυνατόν να περιλαμβάνει μια συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό, όμως, με μία τουλάχιστον μορφή ΑΠΕ, διατάξεις αποθήκευσης, συστήματα εποπτείας και ελέγχου καθώς και σύστημα διαχείρισης φόρτου. Έτσι, τα ΥΣ αποτελούν μια εναλλακτική και αποτελεσματική επιλογή έναντι των συμβατικών συστημάτων, τα οποία βασίζονται στην παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (Manwell, 2004).

Για το σχεδιασμό ενός ΥΣ πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες (Καγκαράκη, 1992):

1. Η εθνική πολιτική για την προώθηση των ΥΣ παραγωγής ενέργειας και για την προώθηση των ΑΠΕ.
2. Τα χαρακτηριστικά του φορτίου και της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένο το σύστημα (ημερήσιες kWh, φορτίο αιχμής).
3. Η διαθεσιμότητα και η βέλτιστη εκμετάλλευση των ΑΠΕ.
4. Το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στο ΥΣ.
5. Το κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος.
6. Την αξιοπιστία και την επίδραση του στο περιβάλλον.

Παράλληλα, σύμφωνα με το [νόμο 3468/2006](#) για τις ΑΠΕ, ως ΥΣ ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που (Ρίππη, 2013):

1. Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.
2. Η συνολική ενέργεια που κατευθύνεται προς το δίκτυο ετησίως δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας, που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια, που απορροφά ο υβριδικός σταθμός, ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μετράται κατά την είσοδο της στο σταθμό και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο δίκτυο από τις μονάδες ΑΠΕ του υβριδικού σταθμού και υπολογίζεται για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά σε ωριαία βάση. Αν για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας εφαρμόζεται διαφορετική τεχνολογία από αυτή των Φ/Β, μπορεί να χρησιμοποιείται και συμβατική ενέργεια που δεν απορροφάται στο δίκτυο, εφόσον η χρήση της ενέργειας αυτής κρίνεται αναγκαία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η χρησιμοποιούμενη συμβατική ενέργεια δεν μπορεί να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ενέργειας που παράγεται ετησίως από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.
3. Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δεν μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι και 20%.

Κατάλληλη και οικονομική μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα ελληνικά νησιά αποτελεί αυτή της αντλησιοταμίευσης, η οποία έχει τη μορφή αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου. Απαιτεί ένα αιολικό πάρκο, υδροστρόβιλο, αντλιοστάσιο και δύο δεξαμενές, με όσο το δυνατόν μεγάλη υψομετρική διαφορά, για την ανακύκλωση του νερού. Όταν οι ανεμογεννήτριες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία δεν μπορεί να απορροφηθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο, τότε αυτή αξιοποιείται για άντληση νερού από τη χαμηλότερη προς την υψηλότερη δεξαμενή, μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε δυναμική. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όταν η αιολική ενέργεια δεν είναι ικανή να εξυπηρετήσει την απαιτούμενη ζήτηση, να τίθεται σε λειτουργία ο υδροστρόβιλος από το νερό της ψηλότερης δεξαμενής για

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η αντλησιοταμίευση, λοιπόν, μπορεί να αυξήσει σημαντικά την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από ΑΠΕ.

Τέλος, σημαντική είναι η δυνατότητα ενός ΥΣ να συνδυαστεί με μονάδες αφαλάτωσης, οι οποίες θα αξιοποιούν μέρος της αιολικής ενέργειας για παραγωγή πόσιμου νερού. Ο συνδυασμός αυτός είναι ιδιαίτερα θεμιτός για τα άνυδρα νησιά του Αιγαίου, όπου η λειψυδρία επιβαρύνει την καθημερινότητα των κατοίκων και η αντιμετώπιση της, μέχρι τώρα, γίνεται με τη μεταφορά νερού με υδροφόρες μεγάλο οικονομικό κόστος.

2.2 Πλεονεκτήματα Υβριδικών Συστημάτων

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ΥΣ αποσκοπούν στην καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση των χαρακτηριστικών της κάθε τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά, ισάξιας ποιότητας με αυτή που παρέχεται από το δίκτυο. Έτσι, εξασφαλίζεται αξιοπιστία και υψηλή απόδοση του συστήματος, γεγονός που τους δίνει τη δυνατότητα να αναπτυχθούν σαν αυτόνομα, καινούργια και ανεξάρτητα συστήματα, μέσα σε μικρά συστήματα διανομής ενέργειας.

Τα ΥΣ, τα οποία χρησιμοποιούν πηγή παραγωγής ενέργειας με βάση ορυκτό καύσιμο, λειτουργούν με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση καυσίμου. Αυτό συμβαίνει, διότι, η παραγωγή μέσω αυτού γίνεται κατά κύριο λόγο τις περιόδους υψηλής ζήτησης ή χαμηλού ανανεώσιμου δυναμικού, με αποτέλεσμα η κατανάλωση καυσίμου να είναι πολύ μειωμένη σε σχέση με μονάδες που χρησιμοποιούν αποκλειστικά συμβατικές τεχνολογίες. Καθίστανται, λοιπόν, αυτά τα συστήματα ιδιαίτερα φιλικά προς το περιβάλλον, αλλά παράλληλα πιο οικονομικά σε περιοχές απομακρυσμένες από το δίκτυο, όπως αγροτικές περιοχές ή μη διασυνδεδεμένα νησιά, όπου η σύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο, η εγκατάσταση γραμμών διάθεσης ενέργειας ή η μεταφορά καυσίμου θεωρούνται αντιοικονομικές επιλογές.

Τέλος, η υψηλή, όπως φαίνεται από τα παραπάνω, αποδοτικότητα και η αξιοπιστία που χαρακτηρίζει τα ΥΣ αποτελούν αποτελεσματική λύση για παροχή ισχύος, σε περιπτώσεις διακοπών παροχής ή οποιασδήποτε έκτακτης ανάγκης. (Μυσιρής, 2015)

Τα παραπάνω οφέλη, που αναφέρονται σε τοπικό επίπεδο, εξαρτώνται από τη σωστή χωροθέτηση, κατασκευή και τον τρόπο λειτουργίας του εκάστοτε υβριδικού έργου.

Συγκεκριμένα, για το ΥΣ που εξετάζεται στη παρούσα μελέτη αναμένεται να έχει τα εξής οφέλη:

1. Σημαντική προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας συμβάλλοντας, έτσι, στο ενεργειακό ισοζύγιο του νησιού.
2. Σταθερή παροχή ρεύματος και αποφυγή γενικών ή μερικών διακοπών ρεύματος.
3. Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων λόγω του περιορισμού λειτουργίας του ΤΣΠ της ΔΕΗ.

4. Αύξηση της απασχόλησης στο νησί και μείωση της ανεργίας μέσω της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας κατά την κατασκευή και λειτουργία του έργου.
5. Εξασφάλιση διάθεσης σημαντικών ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού προς ύδρευση και άρδευση, τόσο για τους μόνιμους κατοίκους, όσο και για τους επισκέπτες.

2.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα Υβριδικά Συστήματα

2.3.1 Αιολική Ενέργεια

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Αιολική, λοιπόν, ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Καθώς ο άνεμος είναι ανεξάντλητος και ανανεώνεται συνεχώς, η αιολική ενέργεια θεωρείται ανανεώσιμη.

Η ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο από την αρχαιότητα. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ γινόταν και εκτεταμένη χρήση του ανεμόμυλου, ως κινητήριας μηχανής, στον αγροτικό τομέα. Στη σημερινή εποχή, η αιολική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλους μηχανισμούς και διατάξεις, τις ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Οι ανεμογεννήτριες αξιοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου, μετατρέποντας την αρχικά σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική, με στόχο τη διοχέτευση της στο ηλεκτρικό σύστημα.

Για να είναι εκμεταλλεύσιμο το αιολικό δυναμικό ενός τόπου και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις να θεωρούνται οικονομικά βιώσιμες, κρίνεται απαραίτητο οι άνεμοι στην περιοχή να πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη του μέσου όρου των μετεωρολογικών στοιχείων. Συνεπώς, κατάλληλες για την κατασκευή αιολικών πάρκων, θεωρούνται περιοχές που στο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα έχουν πολλούς και ισχυρούς ανέμους, όπως οι παράκτιες περιοχές και τα νησιά. Τα ελληνικά νησιά έχουν αναγνωριστεί παγκοσμίως για τις ιδιαίτερα ευνοϊκές γεωγραφικές τους θέσεις για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

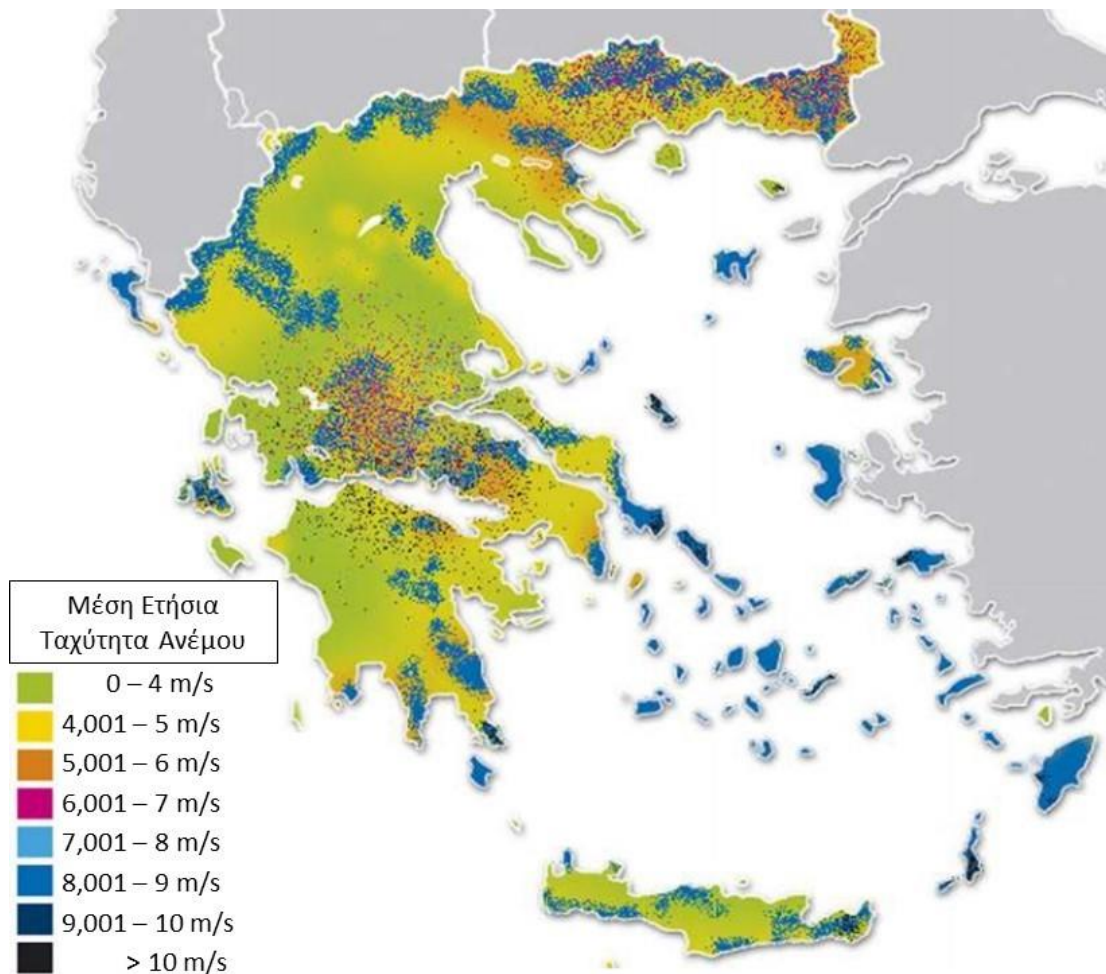
Από την αρχαιότητα, λοιπόν, φαίνεται η προσπάθεια του ανθρώπου να επωφεληθεί από τη δύναμη του ανέμου. Οι απαιτήσεις της σημερινής εποχής οδηγούν ξανά στην αναζήτηση του καλύτερου δυνατού τρόπου για παραγωγή ηλεκτρισμού από την αιολική ενέργεια, καθώς αποτελεί ελεύθερη, άφθονη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία είναι φιλική προς το περιβάλλον, αφού είναι ανεξάρτητη των ορυκτών καυσίμων. Παράλληλα, η εξέλιξη της τεχνολογίας, η γρήγορη συναρμολόγηση και εγκατάσταση, καθώς και το χαμηλό λειτουργικό κόστος είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών που τις καθιστούν σήμερα μια αρκετά ελκυστική και ανταγωνιστική επιλογή ανάμεσα στις υπόλοιπες ΑΠΕ (Μυσίρης, 2015).

Παρόλα αυτά, το κύριο πρόβλημα που παρουσιάζεται από τη χρήση ανεμογεννητριών είναι απρόβλεπτη και έντονη διακύμανση του ανέμου και ακολούθως της παραγόμενης ισχύος, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, μειονέκτημα των Α/Γ, λόγω των κατασκευαστικών τους χαρακτηριστικών, είναι οι θάνατοι πουλιών και η υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων (Αναγνωστοπούλου, Μπούσμπουρας, 2008). Για το λόγο αυτό, ορίζεται από τη νομοθεσία ότι θα πρέπει τα αιολικά πάρκα να μην κατασκευάζονται σε περιοχές προστασίας πουλιών, περιοχές RAMSAR ή ευαίσθητες οικολογικά περιοχές.

Προκειμένου να υπολογιστεί η καθαρή ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια ανεμογεννήτρια είναι απαραίτητη η καμπύλη ισχύος της, από την οποία προκύπτει η παραγόμενη αιολική ενέργεια συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου. Στην καμπύλη ισχύος διακρίνονται δυο χαρακτηριστικά σημεία. Το πρώτο υποδεικνύει την ταχύτητα όπου η εκάστοτε ανεμογεννήτρια ξεκινά να παράγει ρεύμα, ενώ το τελευταίο παρουσιάζει, αντίστοιχα, την ταχύτητα στην οποία η ανεμογεννήτρια σταματά την παραγωγή, καθώς ταχύτητες μεγαλύτερες από αυτήν θεωρούνται απαγορευτικές για την περαιτέρω περιστροφή των πτερωτών, προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος καταστροφής της ανεμογεννήτριας.

Η καμπύλη ισχύος της εκάστοτε Α/Γ παρέχεται από τον κατασκευαστή και ο προσδιορισμός της βασίζεται συνήθως σε εμπειρικές μετρήσεις πεδίου, με αποτέλεσμα να υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τη μέτρηση της ταχύτητας και την ποσότητα αέρα που εισέρχεται στην πτερωτή.

Αναλογιζόμενοι το υψηλό αιολικό δυναμικό της Ελλάδας και ιδιαίτερα των νησιών της, πρέπει να τεθεί σε προτεραιότητα η διείσδυση των ανεμογεννητριών στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, καθώς μπορεί να δώσει λύσεις τόσο στις απομακρυσμένες περιοχές, όσο και στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.



Σχήμα 2-1: Αιολικό δυναμικό της Ελλάδας (μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε m/s) (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2013)

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η περίπτωση των υβριδικών αιολικών – υδροηλεκτρικών πάρκων. Το σύστημα αυτό στηρίζεται στο γεγονός, πως επειδή ο αέρας είναι ένα φαινόμενο με έντονη μεταβλητότητα σε σχέση με το χρόνο, στις περιπτώσεις που η παραγόμενη ενέργεια δεν απορροφάται από το δίκτυο, μπορεί να αξιοποιείται για άντληση νερού προς έναν ταμιευτήρα σε μεγάλο υψόμετρο, όπου θα αποθηκεύεται και θα παρέχει υδροηλεκτρική ενέργεια, όταν υπάρχει ζήτηση. Τέτοια έργα έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν ήδη στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην Κρήτη και την Ικαρία.

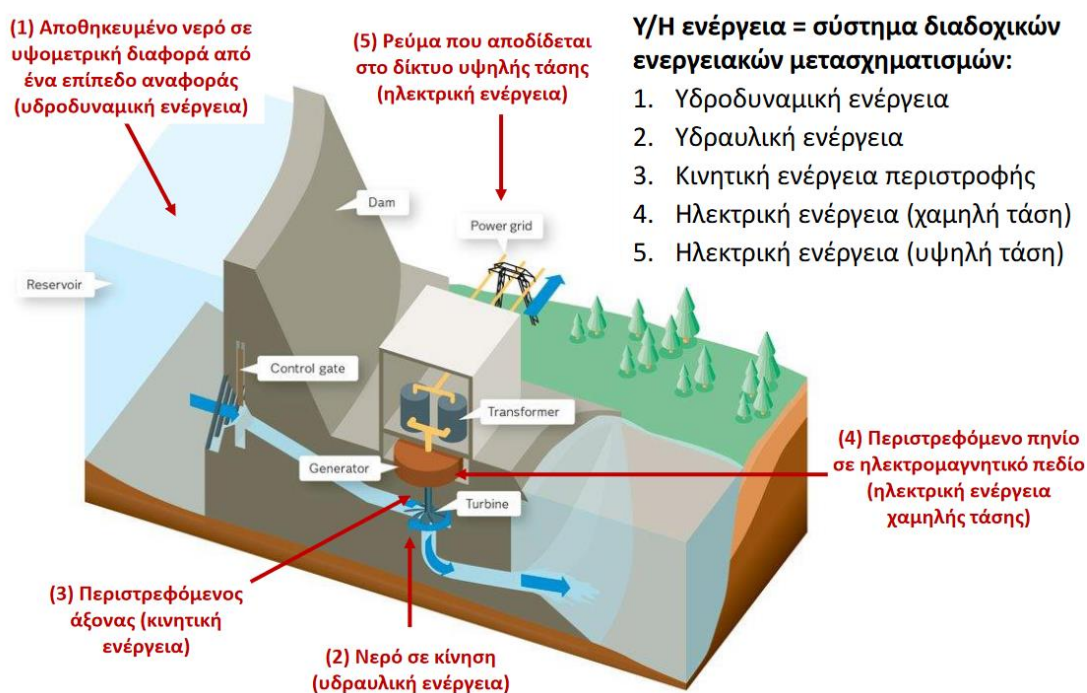
2.3.2 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Υδροηλεκτρική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που αξιοποιεί τη δύναμη του νερού στη φύση, μετατρέποντας τη δυναμική ενέργεια των λιμνών και την κινητική ενέργεια του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Βασίζεται, δηλαδή, στην εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας των επιφανειακών υδάτων με μετατροπή της πρώτα σε κινητική ενέργεια και, τελικά, σε ηλεκτρική. Το νερό που είναι αποταμιευμένο σε μεγάλα υψόμετρα περιέχει μέσα του δυναμική ενέργεια, την οποία αποδίδει μέσω της διεργασίας της υδατόπτωσης. Για το λόγο αυτό, η ενέργεια

που παράγεται συνδέεται άμεσα με το υψόμετρο των ταμιευτήρων νερού (Μπέρτσιου, 2016).

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή ενέργεια, όπως αντίστοιχα η αιολική και η ηλιακή, που στηρίζεται στην εκμετάλλευση των ποταμών και των τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων. Τέτοια μορφή χρησιμοποιείται εδώ και πολλούς αιώνες για παραγωγή ενέργειας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτό των νερόμυλων. Σήμερα, το σύνολο των έργων και του εξοπλισμού που εκμεταλλεύονται την υδροηλεκτρική ενέργεια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ) (Macknick, 2011).

Τα βασικά χαρακτηριστικά που διαφαίνονται σε ενός ΥΗΕ είναι το φράγμα ή ο ταμιευτήρας νερού, που χρησιμοποιείται ως αποθηκευτικό μέσο, το υψόμετρο του, από το οποίο εξαρτάται το ύψος υδατόπτωσης, η απόδοση του υδροστροβίλου, η περιοχή υδροληψίας, ο αγωγός πτώσης, από τον οποίο το νερό καταλήγει στους υδροστροβίλους, ο υδροηλεκτρικός σταθμός με τον απαραίτητο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, ο αγωγός φυγής που οδηγεί το αξιοποιούμενο νερό από τους υδροστροβίλους στο φυσικό του περιβάλλον.



Σχήμα 2-2: Κύρια χαρακτηριστικά Υδροηλεκτρικών Έργων (Πηγή: Ευστρατιάδης κ.α., 2019)

Η κατασκευή ΥΗΕ και ο συνδυασμός τους με ΑΠΕ φαίνεται να αποτελεί μια ιδιαίτερα αποδοτική και φιλική με το περιβάλλον διάταξη, αφού, όταν η μορφολογία του τοπίου επιτρέπει την εγκατάσταση ενός τέτοιου έργου, παρουσιάζουν βαθμό ενεργειακής απόδοσης που αγγίζει περίπου το 85%. Παράλληλα, η αποθήκευση ποσοτήτων νερού σε ταμιευτήρες ισοδυναμεί με εξοικονόμηση υδροηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η προγραμματισμένη και γρήγορη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων νερού, με την απόρριψή τους μέσω υδροστροβίλων, έχει ως αποτέλεσμα

την ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για την άμεση κάλυψη των αιχμών ζήτησης. Αξίζει να σημειωθεί πως ένα τέτοιο έργο μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά και στην ικανοποίηση άλλων αναγκών, όπως η ύδρευση, η άρδευση, η αντιπλημμυρική προστασία, οι βιομηχανικές χρήσεις κ.ά..

Τέλος, αν στα παραπάνω προστεθούν οι μηδενικές εκπομπές ρύπων και το χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, γίνεται εμφανές πως με την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους μέσω βροχοπτώσεων, η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μια πολύ σημαντική εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

2.3.3 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια αποτελείται από μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι η θερμότητα ή θερμική ενέργεια, το φως ή φωτεινή ενέργεια και οι διάφορες ακτινοβολίες, οι οποίες αξιοποιούνται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται τη θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ηλίου. Η ηλιακή ενέργεια είναι ανανεώσιμη και ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, έχοντας, έτσι, μηδενικούς περιορισμούς ως προς την εκμετάλλευσή της.

Τα μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και τη μετατροπή της σε ηλεκτρική, είναι το ηλεκτρικό πλαίσιο, ή φωτοβολταϊκό, και το θερμικό πλαίσιο, ή αλλιώς ηλιακός συλλέκτης, γνωστός και ως θερμοσίφωνα. Οι ηλιακοί συλλέκτες μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, η οποία έπειτα χρησιμοποιείται για θέρμανση είτε νερού είτε και χώρων. Βρίσκουν συχνά εφαρμογή ως θερμοσίφωνες σε μεμονωμένες κατοικίες αλλά και σαν ηλιακοί φούρνοι και τμήματα ηλιακών πύργων για τη θέρμανση μεγάλων κτηρίων (Κρητικός, 2010).

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και η μετατροπή της σε ηλεκτρικό ρεύμα είναι δυνατή μέσω της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Η μετατροπή αυτή γίνεται μέσα από την απορρόφηση των φωτονίων της ηλιακής ακτινοβολίας από ειδικούς ημιαγωγούς τοποθετημένους σε φωτοβολταϊκές κυψέλες, με αποτέλεσμα την παραγωγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Ένα σύνθετο φωτοβολταϊκό σύστημα απαρτίζεται από τον ηλιακό ή φωτοβολταϊκό συλλέκτη, μπαταρίες ως σύστημα αποθήκευσης και ηλεκτρονικά συστήματα για έλεγχο της ενέργειας που παράγει η φωτοβολταϊκή συστοιχία (Σκρουφούτα, 2020).

Τα Φ/Β συστήματα βρίσκουν εφαρμογή στις οροφές, στα σκίαστρα ή ακόμη και στις προσόψεις κτηρίων χρησιμοποιούμενα και ως δομικά υλικά, συνδεδεμένα στο δίκτυο ή ως μέρη ΥΣ.

Στα οφέλη των ηλεκτρικών πλαισίων συγκαταλέγονται οι μηδενικές εκπομπές ρύπων, το μικρό κόστος συντήρησης και η ευελιξία σε εφαρμογές, αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλης και μικρής κλίμακας συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, παρόλο που το κόστος εγκατάστασης τους είναι

αρκετά υψηλό και η απόδοση που παρουσιάζουν αρκετά χαμηλή, 13% έως 20%, η εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων έχει αυξηθεί παγκοσμίως μέσω επιχειρησιακών προγραμμάτων ανάπτυξης για διείσδυση και προώθηση των ΑΠΕ (Ρίππη, 2013).

2.4 Αφαλάτωση

2.4.1 Γενικά Στοιχεία

Ο όρος αφαλάτωση αναφέρεται σε οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Συνεπώς, η αφαλάτωση ορίζεται ως η μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες. Η ανάπτυξη της μεθόδου ξεκίνησε κατά τον 20ο αιώνα, με την εμφάνιση της λειψυδρίας σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Αξίζει να σημειωθεί πως το 97% περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται αναμειγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα στη θάλασσα, γεγονός που καθιστά το νερό ακατάλληλο για κάλυψη υδρευτικών, αρδευτικών, ακόμα και βιομηχανικών αναγκών (Μουτάφης, 2008).

Η μέθοδος της αφαλάτωσης αποτελεί μια ελπιδοφόρα λύση για τα προβλήματα της έλλειψης υδατικών πόρων, που οφείλονται σε παράγοντες, όπως είναι η συνεχής πληθυσμιακή αύξηση ειδικά σε αστικές περιοχές, σε συνδυασμό με τις εποχιακές μεταπτώσεις εξαιτίας της τουριστικής ανάπτυξης των περιοχών. Στα παραπάνω προβλήματα έρχονται να προστεθούν οι αυξανόμενες αρδευτικές ανάγκες στις σύγχρονες μεθόδους καλλιέργειας και η έλλειψη υδατικών πόρων εξαιτίας γεωμορφολογικών και άλλων χαρακτηριστικών.

Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες που πλήττονται από το φαινόμενο της έλλειψης υδατικών πόρων και ιδιαίτερα τα νησιά του Αιγαίου. Αυτό συμβαίνει, καθώς τα νησιά έχουν περιορισμένες λεκάνες απορροής, ενώ κατά τους μήνες υψηλής επισκεψιμότητας, λόγω τουρισμού, οι ανάγκες του νησιού σε νερό αυξάνονται καταγιστικά. Η αντιμετώπιση του προαναφερθέντος προβλήματος εστιάζει στην καλύτερη αξιοποίηση των υπόγειων υδάτων, σε γεωτρήσεις και αξιοποιήσεις των πηγαδιών, στη μεταφορά νερού από άλλες περιοχές με υδροφόρα πλοία, στη δημιουργία ταμειυτήρων αποθήκευσης νερού και στην εγκατάσταση συστημάτων αφαλάτωσης.

Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές τεχνολογίες αφαλάτωσης για το διαχωρισμό των διαλυμένων αλάτων από το νερό και η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας εξαρτάται από παράγοντες όπως, η ποιότητα του νερού τροφοδοσίας, η προοριζόμενη χρήση του παραγόμενου νερού, το μέγεθος της εγκατάστασης, οι κύριες δαπάνες, το ενεργειακό κόστος καθώς και η δυνατότητα για ενεργειακή ανάκτηση. Οι κύριες μέθοδοι αφαλάτωσης που βρήκαν ευρεία εφαρμογή, έχουν πλήρως δοκιμαστεί και διατίθενται στο εμπόριο τα τελευταία 40 χρόνια περίπου, είναι η εξάτμιση (απόσταξη), οι ιοντικές μέθοδοι και η αντίστροφη ώσμωση.

Από τις παραπάνω μεθόδους, η πιο διαδεδομένη είναι η αντίστροφη ώσμωση (ΑΩ ή RO), η οποία βρίσκει τη μεγαλύτερη εφαρμογή, λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, της καταλληλότητας της για σύνδεση με ανεμογεννήτριες ή φωτοβολταϊκά και της υψηλής παραγωγικότητας ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού σε σύγκριση με άλλες διαδικασίες αφαλάτωσης (Μυσίρης, 2015).

2.4.2 Αντίστροφη Ώσμωση

Η τεχνολογία της ΑΩ αποτελεί τη μοναδική μέθοδο αφαλάτωσης που χρησιμοποιείται στα ελληνικά νησιά και που έχει επιλεγεί να εφαρμοστεί, στα πλαίσια της εργασίας, για παραγωγή πόσιμου νερού αξιοποιώντας την παραγόμενη ενέργεια από το ΥΣ στη νήσο Λέρο. Σήμερα, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, λειτουργούν στην Ελλάδα περίπου 50 μονάδες αφαλάτωσης εξυπηρετώντας την ύδρευση δήμων και κοινοτήτων με συνολική δυναμικότητα 35000 m³/d, ενώ υπάρχουν και εκατοντάδες μικρότερες ιδιωτικές χρήσεις, όπως ξενοδοχεία, βιομηχανίες κ.α..

Η ΑΩ είναι μια διαδικασία διαχωρισμού που χρησιμοποιεί πίεση για να ωθήσει ένα διάλυμα μέσα από μια μεμβράνη, η οποία θα περιορίζει τη διαλυμένη ουσία στη μια της πλευρά και θα επιτρέπει στον καθαρό διαλύτη να περάσει στην άλλη. Είναι η αντίστροφη διαδικασία της ορθής ώσμωσης, η οποία περιγράφεται όταν δύο διαλύματα με διαφορετικές συγκεντρώσεις χωρίζονται από μια ημιπερατή μεμβράνη, δηλαδή μεμβράνη που δεν επιτρέπει τη διέλευση ορισμένων ουσιών μέσα από αυτή (όπως άλατα). Τότε θα περάσει από τη μεμβράνη το διάλυμα με τη μικρότερη συγκέντρωση προς το πυκνότερο διάλυμα, έως ότου εξισωθούν οι συγκεντρώσεις τους. Η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος, για να μη λάβει χώρα το φαινόμενο της ώσμωσης, ονομάζεται ωσμωτική πίεση (Μυσίρης, 2015).

Κατά τη μέθοδο της ΑΩ, για να γίνει ο διαχωρισμός, πρέπει να ασκηθεί υψηλή πίεση στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος, στην περίπτωση αυτή, του θαλασσινού νερού, ώστε να υπερκεραστεί η ωσμωτική πίεση και να παραχθεί από την άλλη φιλτραρισμένο πόσιμο νερό. Με άλλα λόγια, τη διαδικασία της ΑΩ την επηρεάζουν δύο δυνάμεις, η ωσμωτική πίεση και η δύναμη που επιβάλλεται εξωτερικά. Η ωσμωτική πίεση είναι η δύναμη που αναγκάζει το διαλύτη να κινηθεί από την περιοχή με χαμηλή συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας στην περιοχή με την υψηλή συγκέντρωση. Η δύναμη που επιβάλλεται εξωτερικά δρα αντίθετα στην πρώτη και προκαλεί αντίθετη κίνηση του νερού. Η επιβεβλημένη, λοιπόν, δύναμη που ασκείται πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση, ώστε να προκύψει διαλύτης, δηλαδή νερό, απαλλαγμένος από τη διαλυμένη ουσία, άλατα και προσμίξεις, και να επιτευχθεί τελικά η διαδικασία της αφαλάτωσης.

Η μέθοδος της ΑΩ, για να αποτελεσματική και να παρέχει νερό που να ικανοποιεί, όσο το δυνατόν, κατάλληλα τις υδατικές ανάγκες, διακρίνεται σε τρεις φάσεις επεξεργασίας. Η πρώτη είναι η φάση προεπεξεργασίας και θεωρείται κρίσιμης

σημασίας, καθώς είναι υπεύθυνη για την εξασφάλιση της καθαρότητας των μεμβρανών, μέσα από την καταστροφή των μικροοργανισμών και την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, και συνεπώς την αποτελεσματική λειτουργία της μονάδας. Η δεύτερη φάση αφορά στη διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης στην οποία παράγεται νερό απαλλαγμένο από άλατα, ενώ τέλος, ακολουθεί η τελική φάση επεξεργασίας, στην οποία γίνεται η προετοιμασία του νερού για τη διανομή του ως πόσιμου με χρήση χημικών για τη σταθεροποίηση του. Είναι εμφανές, λοιπόν, πως στη μέθοδος αντίστροφης ώσμωσης η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τις αντλίες για τη συμπίεση του νερού. Βασικό πλεονέκτημα της, έναντι των άλλων μεθόδων αφαλάτωσης, είναι ότι αποτελεί μια από τις λιγότερο ενεργοβόρες μεθόδους, γεγονός που καθιστά το κόστος παραγωγής του νερού ακόμα πιο χαμηλό.

2.4.3 Ενέργεια για αφαλάτωση

Η παραγωγή πόσιμου νερού με τη μέθοδο της αφαλάτωσης έχει αποδειχτεί μια πολύ ελπιδοφόρα λύση για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε πολλές περιοχές του πλανήτη, όπου είναι συνήθως απομονωμένες και απροσπέλαστες με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή και εύκολη η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτές. Τέτοιες περιοχές, δεν είναι συνήθως συνδεδεμένες σε κάποιο ισχυρό δίκτυο παροχής ενέργειας, όπως τα περισσότερα ελληνικά νησιά τα οποία δεν είναι διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο παροχής ενέργειας της Ελλάδας, ή είναι συνδεδεμένες με μικρής δυναμικότητας ΤΣΠ ενέργειας. Προκύπτει, έτσι, η συχνή αδυναμία κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των μονάδων αφαλάτωσης από συμβατικές πηγές ενέργειας αφού τα τοπικά δίκτυα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μικρής ισχύος και δεν μπορούν να ανταποκριθούν σε όλες τις απαιτήσεις του δικτύου.

Τα τελευταία χρόνια, παράλληλα με την προσπάθεια για διείσδυση των ΑΠΕ στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, η έρευνα στον τομέα της αφαλάτωσης έχει επικεντρωθεί στο συνδυασμό των μονάδων αφαλάτωσης με ΑΠΕ ώστε να μειωθεί το ενεργειακό κόστος και, κατ' επέκταση, το κόστος του αφαλατωμένου νερού. Ωστόσο, τα αποτελέσματα από πολλές έρευνες δεν ήταν ικανοποιητικά καθώς υπέδειξαν προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα συστήματα αφαλάτωσης όταν συνδέονται με ΑΠΕ. Στα προβλήματα αυτά συγκαταλέγονται η αδυναμία των ΑΠΕ τόσο για εξασφάλιση συνεχούς παροχής ενέργειας όσο και για αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας για την απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης.

Παρόλα αυτά, η αιολική ενέργεια μπορεί να συνεισφέρει στην εύρεση λύσης για την ενεργειακή κάλυψη των μονάδων αφαλάτωσης σε περιοχές όπου χαρακτηρίζονται από υψηλό αιολικό δυναμικό. Στις περιοχές αυτές η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την αφαλάτωση, όσο και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων και αποδεικνύεται από το γεγονός πως σε πολλά ελληνικά νησιά υφίστανται μικρές μονάδες αφαλάτωσης που καλύπτονται ενεργειακά από την αιολική ενέργεια. Εξακολουθούν, όμως, οι διακυμάνσεις του αιολικού δυναμικού,

που μεταφέρονται στη διακύμανση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, άρα και της παραγόμενης ποσότητας αφαλατωμένου νερού να αποτελούν τα κύρια μειονεκτήματα της.

Όπως έχει αναφερθεί, ο σχεδιασμός των ΥΣ χαρακτηρίζεται από το συνδυασμό και την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση διαφορετικών μορφών ΑΠΕ, ενώ βασική είναι ικανότητα του συστήματος να διαθέτει διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας. Τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά της αιολικής ενέργειας, με άλλες ανανεώσιμες ή μη μορφές ενέργειας και με την τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας, καθιστούν τη χρήση ΥΣ μια υποσχόμενη εναλλακτική, καθώς εξασφαλίζεται αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας προς το δίκτυο αλλά και προς τη μονάδα αφαλάτωσης για κάλυψη των απαιτούμενων αναγκών σε αφαλατωμένο νερό ανά πάσα στιγμή.

Αξίζει να αναφερθεί το χαρακτηριστικό παράδειγμα [τέτοιας διάταξης στο Λαύριο](#) από το [Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας](#) (ΚΑΠΕ) το 2004. Πρόκειται για το συνδυασμό ΥΣ, αποτελούμενου από Α/Γ και Φ/Β, με σύστημα ΑΩ. Το υπό λειτουργία σύστημα διαθέτει Α/Γ ισχύος 900 W και Φ/Β ισχύος 3.96 kW, τα οποία παρέχουν ενέργεια στη μονάδα ΑΩ δυναμικότητας 3.1 m³/d. Επιπρόσθετα, το σύστημα διαθέτει μια τράπεζα μπαταριών 1800 Ah/100h για αποθήκευση της ενέργειας (Tzen et al., 2007).

Τέλος, λογικό συμπέρασμα των προαναφερθέντων αποτελεί η εφαρμογή συνδυασμού ΥΣ με μονάδες αφαλάτωσης ΑΩ σε περιοχές με ισχυρό αιολικό δυναμικό και αυξημένη ηλιοφάνεια, όπως είναι τα νησιά των Κυκλάδων και τα Δωδεκάνησα, στα οποία υπάγεται και η νήσος Λέρος όπου μελετάται στην παρούσα εργασία.

3 Γενικά Χαρακτηριστικά Περιοχής Μελέτης

3.1 Ιστορικά Στοιχεία Λέρου

Η στρατηγική της θέσης στο νοτιοανατολικό Αιγαίο χάρισε στη Λέρο ένα πλούσιο ιστορικό παρελθόν. Τα πρώτα ανθρώπινα ίχνη στο νησί εντοπίστηκαν στο Παρθένι και ανήκουν στη Νεολιθική εποχή. Πρόκειται για ολόκληρο οικισμό που χρονολογείται από το 8000 έως το 3000 π.Χ., ενώ Κάρες, Λέλεγες, Φοίνικες και Κρήτες, μαζί με το βασιλιά Μίνωα, υπήρξαν οι πρώτοι της κάτοικοι. Χαρακτηρίζεται ως το νησί της Αρτέμιδος, αφού στους αρχαίους χρόνους οι κάτοικοι του νησιού λάτρευαν τη θεά Άρτεμη, απόδειξη του οποίου, αποτελεί το ιερό της που διασώζεται μέχρι και σήμερα στο Παρθένι (<https://www.leros.gr/leros-istoria.html>).

Το νησί της Αρτέμιδος, σύμφωνα με το Θουκυδίδη, ήταν μεγάλης στρατηγικής σημασίας κατά τη διάρκεια του Πελοποννησιακού Πολέμου, λόγω της γεωγραφικής του θέσης στο Αιγαίο, των λιμανιών και των υπέροχων κλειστών κόλπων του. Όπως αποδείχτηκε στη νεότερη ιστορία, την ίδια άποψη συμμερίζονταν οι Γερμανοί, οι Βρετανοί και κυρίως οι Ιταλοί στον Α΄ και Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο (https://www.lifo.gr/articles/travel_articles/201914/leros-mikri-se-megethos-megali-se-istoria).

Χρονολογία ορόσημο αποτελεί το 1912, όταν το νησί καταλείφθηκε από το ιταλικό θωρηκτό “San Giorgio”, στα πλαίσια του Ιταλοτουρκικού πολέμου. Λόγω των φυσικών λιμανιών που διαθέτει, οι Ιταλοί εξόπλισαν το νησί και το μετέτρεψαν σε ενισχυμένη ναυτική βάση και αεροναύσταθμο. Από το τέλος της δεκαετίας του 1920 γίνονται μεγάλα οχυρωματικά έργα, ενώ λόγω της εμμονής των Ιταλών με το νησί, τη δεκαετία του 1930 κτίζεται μια ολόκληρη πόλη, το θρυλικό Portolago, ή αλλιώς το γνωστό Λακκί. Το Λακκί θεωρείται το μεγαλύτερο φυσικό λιμάνι στην ανατολική Μεσόγειο και είναι γεμάτο κτίρια ορθολογιστικής αρχιτεκτονικής με περίεργες προσόψεις. Εικάζεται ότι είναι η πόλη με τις περισσότερες art deco κατασκευές μετά το Μαϊάμι.

Στη Λέρο ξεχωρίζει επίσης το μεσαιωνικό κάστρο, το οποίο βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο του νησιού. Ο λόγος γίνεται για το κάστρο της Λέρου, ή κάστρο της Παναγιάς ή και κάστρο του Παντελιού, του οποίου οι ρίζες συνδέονται με το Βυζάντιο καθώς κτίστηκε τον 10ο με 11ο αιώνα. Δεσπόζει στην κορυφή του λόφου Πίτυος στη βορειοανατολική πλευρά της Λέρου σε ύψος 600 περίπου μέτρων από τη θάλασσα. Το κάστρο συνδέθηκε από το 1807, σύμφωνα με χρυσόβουλο διάταγμα του αυτοκράτορα Αλέξιου Α΄ Κομνηνού που σώζεται στη Μονή Πάτμου, με τον ιδρυτή της Μονής Αγίου Θεολόγου Πάτμου, όσιο Χριστόδουλο. Σαφώς, δεν θα μπορούσε το κάστρο της Παναγιάς να μείνει αμέτοχο στην πλούσια ιστορία του νησιού, καθώς το 1821, όταν το νησί επαναστάτησε, έπαιξε σημαντικό ρόλο σαν βάση εφοδιασμού των ελληνικών πλοίων. Ωστόσο, το νησί παρέμεινε τελικά υπό τουρκική κατοχή έως και το 1912, οπότε πέρασε υπό ιταλική κατοχή, όπου οι Ιταλοί εκμεταλλεύτηκαν το κάστρο χρησιμοποιώντας το σαν στρατώνα και παρατηρητήριο, κάνοντας τις

απαραίτητες
(<https://www.kastra.eu/castlegr.php?kastro=leros>).

τσιμεντένιες

επεμβάσεις

Η Λέρος, τελικά, μετά το πέρας του Β' Παγκόσμιου Πολέμου πέρασε στην Ελληνική Επικράτεια μαζί με τα υπόλοιπα Δωδεκάνησα το 1948.

3.2 Γεωγραφικά – Διοικητικά Στοιχεία

Η Λέρος εντοπίζεται στο νοτιοανατολικό άκρο του Αιγαίου Πελάγους και στο Βορειοδυτικό των Δωδεκανήσων, μεταξύ των νησιών Πάτμος, Λειψοί και Κάλυμνος. Ο δήμος Λέρου εντάσσεται διοικητικά στην επαρχία Καλύμνου του Νομού Δωδεκανήσου της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου.

Συγκεκριμένα, αποτελείται από ένα δημοτικό διαμέρισμα, που περιλαμβάνει σύμφωνα με στοιχεία της [Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία \(ΕΛΣΤΑΤ\)](#), τη νήσο Λέρο και τις νησίδες Λέβιδα και Φαρμακονήσι, που έχουν μόνιμο πληθυσμό 13 και 10 κάτοικους αντίστοιχα. Ακόμη, περιλαμβάνονται και οι νησίδες Αρχάγγελος, Βελόνα, Γλάρος, Μαύρα, Μεγάλο Λιβάδι, Πηγανούσα, Πλάκα, Στρογγυλή και Τρυπητή, που δεν έχουν μόνιμο πληθυσμό.

Το νησί της Αρτέμιδος απέχει περίπου 171 ναυτικά μίλια (ν.μ.) από το λιμάνι του Πειραιά, 101 ν.μ. από τη Ρόδο και, μόλις, 7 ν.μ. από τη Μικρασιατική ακτή. Η έκταση του ανέρχεται στα 54 km² περίπου, και η ακτογραμμή του στα 71 km, καθιστώντας το, έτσι, το ένατο σε έκταση νησί του Νομού Δωδεκανήσου. Αποτελεί, κατά κύριο λόγο, ένα βραχώδες νησί, με μικρές πεδινές εκτάσεις ανάμεσα στα διάφορα υψώματα του, ενώ οι ακτές του παρουσιάζουν έντονο διαμελισμό καθώς και ασφαλείς κόλπους.

3.3 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Η μορφολογία της Λέρου με τους πολλούς λόφους και τις μικρές και εύφορες κοιλάδες, ευνόησε τη δημιουργία πολλών οικισμών, και συγκεκριμένα έντεκα, εκ των οποίων, οι μεγαλύτεροι είναι η Αγία Μαρίνα, και το Λακκί. Η Αγία Μαρίνα αποτελεί την πρωτεύουσα του νησιού, η οποία σκαρφαλώνει στις πλαγιές του λόφου με το βυζαντινό κάστρο και ενώνεται από την άλλη πλαγιά με δύο ακόμα οικισμούς: τον Πλάτανο και Παντέλι.

Το σχήμα της νήσου είναι σχετικά επίμηκες, με διεύθυνση βορειοδυτική και στο οποίο διακρίνονται τρία τμήματα, το βόρειο, το κεντρικό και το νότιο τμήμα του νησιού. Στο βόρειο τμήμα συναντώνται οι κύριες κορυφές του νησιού, Βαγία με υψόμετρο 264 m, το Κλειδί με 327 m, το Μισορράχιδο με 284 m και ο Μάρκελλος με 247 m, ενώ, γενικά, το ανάγλυφο του βορειοανατολικού τμήματος του νησιού χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα έντονο, με μεγάλες κλίσεις, κρημνώδεις ράχες και σχετικά απόκρυμνες ακτές. Το έντονο ανάγλυφο δεν λείπει και από το κεντρικό τμήμα του νησιού, στο οποίο παρατηρούνται κυρίως οι κορυφές Πατέλα, σε ύψος 250 m και

το Καστέλλι σε 148 m. Τέλος, στο νότιο τμήμα της νήσου Λέρου εμφανίζεται το εντονότερο από όλα τα τμήματα ανάγλυφο, λόγω της λιθολογικής του δομής, η οποία αποτελείται αποκλειστικά, σχεδόν, από ανθρακικούς σχηματισμούς, έντονα τεκτονισμένους. Εκεί, παρατηρούνται οι κορυφές Γκουμπάρδος σε υψόμετρο 326m και ο Φούρνος σε 256 m, με ακόμα εντονότερο ανάγλυφο, απότομες κλίσεις και κρημνώδεις ράχες. Ανάμεσα στα τρία αυτά τμήματα υπάρχουν μεταβατικές ζώνες, στις οποίες το ανάγλυφο είναι ομαλό, με ήπιες κλίσεις, μικρή επιφανειακή απορροή και χαμηλά υψόμετρα. Οι ζώνες αυτές αντιστοιχούν, επίσης, σε περιοχές απόθεσης υλικού από χείμαρρους και για το λόγο αυτό οι γεωμορφές που συναντώνται στις συγκεκριμένες περιοχές αντιστοιχούν σε γεωμορφές ποταμοχειμάρρειων διεργασιών.

3.4 Κλιματικά Χαρακτηριστικά

Το κλίμα της Λέρου, σε γενική εκτίμηση, είναι μεσογειακό θαλάσσιο που χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες, με αρκετές βροχές, έντονους ανέμους κατά περιόδους και περιόδους με σχετικά υψηλή ηλιοφάνεια. Παράλληλα, έχει εκτιμηθεί ότι η ξηρή ή θερμή περίοδος διαρκεί από το τέλος Απριλίου, μέχρι και τα μέσα Σεπτέμβρη.

Σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Λέρου της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY), προκύπτουν τα παρακάτω δεδομένα που αφορούν τη χρονική περίοδο 1986 – 2013. Στο σταθμό έχει καταγραφεί μέση ετήσια θερμοκρασία που αγγίζει τους 18.55 °C, ενώ οι μέσες μηνιαίες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 11.04 °C (Ιανουάριος) και 26.24 °C (Αύγουστος). Αντίστοιχα, προκύπτει η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρα ίση με 7.35 °C, η οποία καταγράφεται το μήνα Φεβρουάριο, ενώ η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία καταγράφεται τον Αύγουστο και ανέρχεται στους 29.65 °C. Όσον αφορά στις απόλυτες ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες, η ελάχιστη εμφανίζεται το Φεβρουάριο, όπου ο υδράργυρος αγγίζει τους 0 °C, και η μέγιστη τον Ιούλιο με τιμή που αγγίζει και τους 36.80 °C.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται η μέση μηνιαία ένταση ανέμου, η οποία εμφανίζεται μεγαλύτερη το μήνα Μάρτιο με επικρατέστερη διεύθυνση τη βόρεια και με ένταση 9.63 κόμβους (knots), και η μέση ετήσια υγρασία, η οποία ανέρχεται σε 66% για την ευρύτερη περιοχή της Λέρου.

Πίνακας 3-1: Μετεωρολογικά στοιχεία Λέρου (Πηγή: [Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία](#))

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	11.04	11.06	13.45	16.32	20.27	24.47	26.18	26.24	23.72	20.98	16.2	12.63
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	13.67	13.61	15.73	19.61	23.24	28.4	29.64	29.65	26.79	24.91	19.61	15.77
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C)	7.86	7.35	9.43	11.59	14.87	19.28	21.64	21.96	19.85	16.42	12.06	9.52
Απολύτως Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	16.60	18.80	21.40	27.40	26.80	33.60	36.80	36.60	31.80	29.40	26.20	19.00
Απολύτως Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C)	2.40	0.00	2.60	5.20	7.40	12.20	2.20	16.40	12.00	10.00	4.40	2.40
Μέση Σχετική Υγρασία (%)	67.83	66.90	68.83	67.51	65.45	59.13	60.67	64.00	61.96	70.62	69.09	70.04
Μέσο ύψος υετού (mm)	83.20	86.00	49.60	46.30	16.47	0.25	0.00	0.37	12.10	3.57	95.63	67.70
Μέση μηνιαία διεύθυνση ανέμων	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Μέση Ένταση ανέμου (knots)	8.57	9.52	9.63	7.16	6.59	7.28	8.33	7.68	8.25	6.68	8.76	9.23

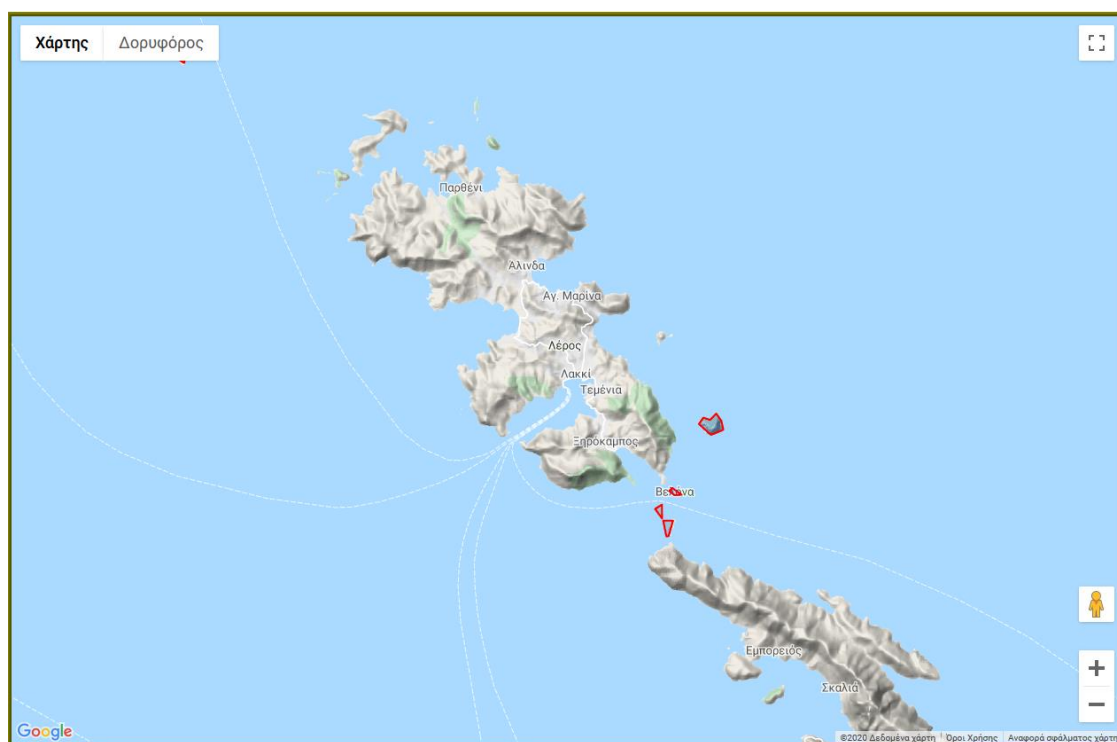
3.5 Φυσικό Περιβάλλον και Καθεστώς Προστασίας Περιοχής

Σε αντίθεση με τα γειτονικά βραχώδη νησιά της Καλύμνου και της Πάτμου, η Λέρος έχει πλούσια βλάστηση. Στο εσωτερικό της υπάρχουν αμέτρητα αμπέλια, συκιές, φραγκοσυκιές και γκαβάφες, ένα ενδημικό είδος που φυτρώνει μόνο στη Λέρο, ενώ πολλοί δρόμοι σκεπάζονται από ευκάλυπτους και πεύκα. Τα φυσικά τοπία της έχουν ιδιαίτερη φυσιογνωμία με πυκνή βλάστηση κυρίως στις κοιλάδες και τις πλαγιές, αλλά και τις άδενδρες λοφώδεις εκτάσεις, ενώ το βόρειο τμήμα είναι γενικά πιο πράσινο. Η πλούσια εδαφική πύχωση και ο έντονος οριζόντιος διαμελισμός

δημιουργούν βαθείς και προστατευόμενους όρμους, οι οποίοι προσφέρουν ασφαλείς συνθήκες για τον ελλιμενισμό σκαφών. Το έδαφος της Λέρου είναι λοφώδες με ψηλότερη κορυφή τη Σκουμπάρδα με υψόμετρο 328 m (<https://ecoanemos.files.wordpress.com/2010/01/leros.pdf>).

Το νησί χαρακτηρίζεται από μεσογειακή χλωρίδα και άγρια, θαμνώδη βλάστηση. Εμφανείς στο νησί είναι οι αγροτικές καλλιέργειες, οι δεντροστοιχίες ευκαλύπτων, οι δασικοί θύλακες πευκώνων καθώς και τα βραχώδη υψώματα. Όσον αφορά στην πανίδα, ο πράσινος φρύνος είναι ένα είδος βατράχου που συναντάται μόνο στη Λέρο. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως στο νησί ζουν η ελληνική χελώνα, πέντε είδη σαυρών, όπως κροκοδειλάκι και τρανόσαυρα, εννέα είδη φιδιών, μερικά από τα οποία είναι το Νερόφιδο, η Οθωμανική Οχιά και ο Μαύρος Εφίος, και τρία είδη θηλαστικών, ο σκαντζόχοιρος, η δίχρωμη χωραφομυγαλίδα και το αγριοκούνελο.

Η νήσος Λέρος, μαζί με τις συστάδες των μικρών νησιών που την περιβάλλουν, αποτελούν ένα γεωγραφικό σύνολο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Οι νησίδες Πηγανούσα, Μεγάλο Γλαρονήσι, Μικρό Γλαρονήσι και Λέρικο, της νήσου Λέρου, με έκταση 620 στρέμματα έχουν χαρακτηριστεί από την επιστημονική κοινότητα ως Ζώνες Ειδικής Προστασίας και έχουν ενταχθεί στο Δίκτυο “Natura 2000” με κωδικό GR4210018. Ομοίως και οι νήσοι Κίναρος και Λέβιθα και οι νησίδες Λαδιά, Πλάκα, Γλάρος και Μαύρα, με έκταση 14570 στρέμματα (στρ.) κωδικό GR4210020 (<https://ecoanemos.files.wordpress.com/2010/01/leros.pdf>).



Σχήμα 3-1: Περιοχές Ειδικής Προστασίας NATURA (Πηγή: <https://www.geogreece.gr/natura.php>)

3.6 Δημογραφικά Στοιχεία και Απασχόληση

Ο μόνιμος πληθυσμός της Λέρου σύμφωνα με την τελευταία απογραφή το 2011, από την ΕΛΣΤΑΤ, ανέρχεται σε 7.917 κατοίκους. Η εξέλιξη του πραγματικού και μόνιμου πληθυσμού του νησιού φαίνεται στους Πίνακες 3.2 και 3.3.

Πίνακας 3-2: Απογραφές Πραγματικού Πληθυσμού (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

	Πραγματικός Πληθυσμός / ΑΠΟΓΡΑΦΕΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ						
	1951	1961	1971	1981	1991	2001	2011
ΛΕΡΟΣ	7075	6626	8512	8136	8061	8207	7925
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	121480	123021	121017	145071	163476	190071	242270
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	247439	222980	207354	233529	257481	302686	366795

Πίνακας 3-3: Απογραφές Μόνιμου Πληθυσμού (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Μόνιμος Πληθυσμός / ΑΠΟΓΡΑΦΕΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ		
	2001	2011
ΛΕΡΟΣ	8172	7917
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	188506	190988
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	298462	308975

Πρέπει να σημειωθεί πως οι απογραφές που έγιναν μέχρι τουλάχιστον και το 1981 περιλάμβαναν και τους νοσηλευόμενους στο ψυχιατρείο της Λέρου, πράγμα που αποδεικνύεται από μια επιπρόσθετη απογραφή το 1981, που δείχνει τον πληθυσμό της Λέρου να ανέρχεται στους 6910 κατοίκους. Από τον Πίνακα 3.2, γίνεται εμφανής μια αυξομείωση του πληθυσμού την εικοσαετία 1951 με 1971, ωστόσο τα τελευταία σαράντα χρόνια παρατηρείται μια σχετική σταθεροποίηση της.

Επιπλέον, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, στον Πίνακα 3.4 φαίνεται η ηλικιακή δομή του μόνιμου πληθυσμού.

Πίνακας 3-4: Δομή μόνιμου πληθυσμού για το έτος 2011

Ομάδες ηλικιών	Άρρενες	Θήλεις	Σύνολο
0-14	652	605	1257
15-24	519	367	886
25-64	2217	2189	4406
65 και άνω	664	704	1368
Σύνολο	4052	3865	7917

Τέλος, η διάρθρωση της απασχόλησης του πληθυσμού κατά τομέα φαίνεται στον Πίνακα 3.5, από την απογραφή του 2001.

Πίνακας 3-5: Απασχόληση πληθυσμού ανά τομέα για το έτος 2011

Νησί	Πρωτογενής	Δευτερογενής	Τριτογενής	Νέοι, μη δυνάμενοι να καταταγούν κατά κλάδο	Σύνολο ενεργού πληθυσμού
ΛΕΡΟΣ	220	396	2.028	406	3050
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	4616	13394	55994	8332	82336
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ Ν. ΑΙΓΑΙΟΥ	9854	25529	80932	12425	128740

3.7 Υποδομές

3.7.1 Μεταφορές

Το τοπικό οδικό δίκτυο του νησιού είναι εκτεταμένο, ασφαλτοστρωμένο στο μεγαλύτερο τμήμα του και εξυπηρετεί σε σημαντικό βαθμό όλους τους οικισμούς και τις ανάγκες μεταφοράς προϊόντων και εφοδίων. Υπάρχουν ιδιωτικά και δημοτικά λεωφορεία τα οποία εξυπηρετούν όλους τους οικισμούς αλλά και παραλίες. Ωστόσο, οι μετακινήσεις στο νησί γίνονται κυρίως με οχήματα ιδιωτικής χρήσης (Ι.Χ.).

Η ακτοπλοϊκή σύνδεση εξυπηρετείται από τα λιμάνια στο Λακκί και την Αγία Μαρίνα. Ωστόσο, η Λέρος αποτελεί νησί της λεγόμενης άγονης γραμμής. Αυτό συμβαίνει αφού η απευθείας σύνδεση με το λιμάνι του Πειραιά γίνεται σε εβδομαδιαία βάση και η διάρκεια του ταξιδιού αγγίζει περίπου τις εννιά ώρες, ενώ η συχνότητα των δρομολογίων είναι τέσσερις φορές την εβδομάδα για την τουριστική περίοδο και τρεις φορές για τον υπόλοιπο χρόνο.



Σχήμα 3-2: Σχηματική απεικόνιση λιμένα της Λέρου

Οι λιμενικές και θαλάσσιες δραστηριότητες καλύπτονται από το Λιμεναρχείο Λέρου, το οποίο υπάγεται στο Λιμενικό Ταμείο Πάτμου. Επιπρόσθετα, το λιμάνι της Λέρου διαθέτει υπηρεσίες τελωνείου, σύμφωνα με τα στοιχεία της [Γενικής Γραμματείας Πληροφοριακών Συστημάτων](#) και επομένως είναι δυνατό να εξυπηρετήσει και κινήσεις εξωτερικού.

Η Λέρος διαθέτει και αεροδρόμιο το οποίο βρίσκεται σε λειτουργία από το 1984. Η αεροπορικές πτήσεις, όπως είναι φυσικό, είναι υπερδιπλάσιες τους μήνες της αυξημένης επισκεψιμότητας στο νησί, ενώ η αεροπορική σύνδεση έρχεται να καλύψει το πρόβλημα των λιγοστών ακτοπλοϊκών δρομολογίων, ειδικά την τουριστική περίοδο.



Σχήμα 3-3: Σχηματική απεικόνιση αερολιμένα της Λέρου

3.7.2 Ύδρευση – Άρδευση

Στο νησί υπάρχουν έξι γεωτρήσεις για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών του νησιού με συνολικά προτεινόμενη αντλούμενη ποσότητα νερού $680 \text{ m}^3/\text{d}$. Ωστόσο, η ποιότητα του νερού παρουσιάζει προβλήματα υφαλμύρωσης, λόγω θαλάσσιας διείσδυσης στους υπόγειους υδροφορείς, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες.

Ακόμη, στο νησί έχει κατασκευαστεί φράγμα ύδρευσης και άρδευσης ωφέλιμου όγκου 785000 m^3 , προκειμένου να τροφοδοτηθεί από το χειμάρρο Παρθένι. Το έργο ολοκληρώθηκε το 2002. Παρόλα αυτά, δεν έχει λειτουργήσει μέχρι και σήμερα, καθώς παρουσίασε προβλήματα στεγανότητας. Μελετάται, σήμερα, η αποκατάσταση στεγανότητας με τοποθέτηση μεμβράνης.

Τέλος, το 2017 εγκαινιάστηκαν στη Λέρο δύο μονάδες αφαλάτωσης, η κατασκευή των οποίων χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον – Αειφόρος Ανάπτυξη 2007 – 2013. Η νέες μονάδες αφαλάτωσης έχουν δυναμικότητα έως $2000 \text{ m}^3/\text{d}$, ενώ η τεχνολογία τους βασίζεται στη μέθοδο της ΑΩ διασφαλίζοντας

ικανοποιητικό κόστος λειτουργίας και υψηλή αξιοπιστία. Αυτή η καινοτομία όμως δεν έχει αξιοποιηθεί στο έπακρον, καθώς παρόλο που οι μονάδες αφαλάτωσης έχουν χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, μόνο 6.5 kW/m^3 , οι συχνές μεταπτώσεις παροχής ρεύματος στο νησί καθιστούν αδύνατη την αδιάκοπη λειτουργία του συστήματος αφαλάτωσης.

Τα παραπάνω, λοιπόν, έχουν καταστήσει το νησί εξαρτημένο, για κάλυψη των υδατικών αναγκών, από τη μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία, μια αποτελεσματική μεν, αλλά ιδιαίτερα δαπανηρή μέθοδο.

3.7.3 Αποχέτευση – Απορρίμματα

Από το 2009 υπάρχει ολοκληρωμένο δίκτυο αποχέτευσης των οικισμών του δήμου Λέρου και λειτουργίας βιολογικού καθαρισμού, οι εγκαταστάσεις του οποίου βρίσκονται στην ανατολική πλευρά του οικισμού Παντέλι.

Όσον αφορά στα απορρίμματα, υπάρχει χώρος απόθεσης τους στην ανατολική πλευρά του λόφου Τσίγκουνα. Η αποκομιδή γίνεται με απορριμματοφόρα οχήματα του δήμου σε καθημερινή, συνήθως, βάση ενώ σε εξέλιξη είναι η διαδικασία χαρακτηρισμού Χώρων Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (Χ.Υ.Τ.Υ.).

3.7.4 Ενεργειακό Δίκτυο

Οι ενεργειακές απαιτήσεις της Λέρου καλύπτονται από τον ΤΣΠ ενέργειας της ΔΕΗ στην Κάλυμνο και την Κω, μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων. Η κατανάλωση δε μπορεί να εξεταστεί αυτόνομα καθώς με τις ατμοηλεκτρικές μονάδες Καλύμνου και Κω είναι συνδεδεμένα πολλά νησιά, όπως οι Λειψοί και η Πάτμος. Όπως είναι φυσικό για μια απομακρυσμένη περιοχή, έχουν παρατηρηθεί προβλήματα στο ηλεκτρικό δίκτυο, λόγω πτώσης της τάσης του ρεύματος.

Η ολοένα και αυξανόμενη τάση για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η υπέρογκα αυξημένη ενεργειακή ζήτηση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, σε συνδυασμό με τη γενικότερη κατεύθυνση των Δημοτικών Αρχών για αιεφόρο ανάπτυξη, οδήγησαν στην εγκατάσταση αιολικού πάρκου το 2001 στη Μερμουγκαριά, μια περιοχή κοντά στο Παρθένι, σε υψόμετρο 160 m περίπου. Το αιολικό πάρκο έχει συνολική ισχύς 4.2 MW και αποτελείται από 7 Α/Γ ισχύος 600 kW η καθεμία. Παρόλο το υψηλό αιολικό δυναμικό που διαθέτει το νησί σε συνδυασμό με τη μεγάλη ισχύ που μπορεί να αποδώσει το αιολικό πάρκο, φαίνονται να είναι μια πολλά υποσχόμενη λύση στα παραπάνω προβλήματα, εξαιτίας της μη διασυνδεσιμότητας του νησιού δεν δίνεται η δυνατότητα για αξιοποίηση της μέγιστης προσφοράς των ανεμογεννητριών. Αξίζει να σημειωθεί πως τους χειμερινούς μήνες λόγω της χαμηλής ενεργειακής ζήτησης στο νησί οι ανεμογεννήτριες απενεργοποιούνται, αφού η ενέργεια που παράγουν είναι μεγαλύτερη από τις ανάγκες του νησιού και δεν υπάρχει δυνατότητα ένταξης της περίσσειας ενέργειας σε ευρύτερο δίκτυο πέρα από αυτό της Λέρου. Επιπλέον, οι Α/Γ τα τελευταία χρόνια αξιοποιούνται συνήθως σε περιπτώσεις βλαβών του δικτύου της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), «καταστρέφοντας» ενέργεια για να αποτρέψουν υπερφόρτωση του δικτύου και περαιτέρω βλάβες στο τοπικό δίκτυο.



Σχήμα 3-4: Εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες AN BONUS στη Λέρο (Πηγή: http://filpap.blogspot.com/2017/09/blog-post_41.html)

Πίνακας 3-6: Τροφοδότηση Λέρου (Πηγή: Μπάρδης, 2019)

Τροφοδοτούμενα Νησιά	Αυτόνομοι Σταθμοί Παραγωγής	Εγκατ/νη Ισχύς (kW)	Μέγιστη Ζήτηση (kW)	Ετήσια ζήτηση Ενέργειας (MWh)
Κάλυμνος-Λέρος-Λειψοί-Τέλενδος-Ψέρμος-Κως-Νίσυρος-Τήλος-Γυαλί	Κάλυμνος-Κως	69600-60500	57300	217824

3.8 Οικονομικά Στοιχεία

3.8.1 Πρωτογενής Τομέας

Στη Λέρο, είναι αρκετά τα προϊόντα που παράγονται είτε για εμπόριο, είτε για απευθείας κατανάλωση. Μερικά από αυτά είναι πατάτες, ντομάτες, ελιές, εσπεριδοειδή, καρπούζια, πεπόνια, σύκα και φραγκόσυκα, ενώ οι περιοχές που είναι πεδινές και στις οποίες παρατηρούνται γεωργικές εκτάσεις είναι το Πλεφούτι, το Παρθένι, οι Γούρνες και τα Άλινα. Ωστόσο, είναι πολύ λίγοι αυτοί που ασχολούνται αποκλειστικά με τη γεωργία, ενώ οι περισσότεροι ασχολούνται για συμπληρωματικό εισόδημα.

Όσον αφορά στην κτηνοτροφία, το νησί περιλαμβάνει την αιγοπροβατοτροφία, τη βοοτροφία, την ορνιθοτροφία και τη μελισσοκομία, οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της Λέρου. Παρόλο που οι μέθοδοι καλλιέργειας πλησιάζουν τις βιολογικές, κανένα από αυτά τα προϊόντα δεν έχει χαρακτηριστεί μέχρι σήμερα ως ποιοτικό ή γεωγραφικής ένδειξης, εξαιτίας της μικρής κλίμακας παραγωγής και της έλλειψης της απαραίτητης υποδομής.

Τέλος, στο νησί λειτουργεί αγροτικός συνεταιρισμός, ο οποίος επιχειρεί να ενισχύσει τον πρωτογενή τομέα με υπαίθριες και θερμοκηπιακές καλλιέργειες σε τρία αγροκτήματα, συνολικής εκτάσεως 9 στρ., όπου το ένα στρέμμα θα διατίθεται για θερμοκήπιο. Καλλιεργούνται συνολικά πάνω από 20 διαφορετικά είδη κηπευτικών ενώ η παραγωγή ανέρχεται στους 40 τόνους ετησίως και προωθείται κατά 20% στην ελεύθερη αγορά και το υπόλοιπο στο Κρατικό Θεραπευτήριο Λέρου.

3.8.2 Δευτερογενής Τομέας

Στο νησί λειτουργούν τρία συσκευαστήρια νωπών αλιευμάτων. Η μία μονάδα έχει δυναμικότητα 1.5 τόνου ψάρια την ημέρα, συσκευάζει τσιπούρες, λαυράκια και κρانيούς και η περίοδος λειτουργίας της είναι από τον Ιανουάριο έως και τον Ιούνιο περίπου. Η δεύτερη μονάδα έχει δυναμικότητα 300 τόνους ψάρια ετησίως, συσκευάζει μόνο τσιπούρες και λαυράκια ενώ λειτουργεί 220 μέρες το χρόνο. Η τρίτη μονάδα έχει δυναμικότητα κάτω των 10 τόνων ετησίως και συσκευάζει, επίσης, τσιπούρες και λαυράκια κυρίως. Τέλος, τη φήμη που έχει ο περίφημος παστός κολιός της Λέρου έρχεται να στηρίξει η βιοτεχνία της Λέρου που φτιάχνει παστά ψάρια.

Η Λέρος διαθέτει, επίσης, τυποποιητήριο μελιού. Αυτό συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη και στήριξη του δευτερογενή τομέα και ειδικότερα της μελισσοκομίας και στην ανάδειξη και προβολή των παραδοσιακών προϊόντων του νησιού, μιας και η Λέρος διαθέτει εξαιρετικής ποιότητας θυμαρίσιο μέλι σε ικανοποιητικές ποσότητες. Στα παραδοσιακά προϊόντα της Λέρου συμπεριλαμβάνονται εξάσια και γευστικά γλυκά, όπως τα πουγκάκια με γέμιση πικραμύγδαλου, τα γνωστά ξεροτήγανα, η πατσαβουρόπιτα, οι σβίγγοι και οι λέρικες τυρόπιτες με μυτζήθρα, τα οποία βρίσκονται στα τοπικά μαγαζιά. Όμως, παρά το γεγονός ότι η Λέρος έχει περίφημα τυριά όπως η φρέσκια και ξερή μυτζήθρα, το λαδότυρο και το κρασότυρο, δεν λειτουργεί κανένα επίσημο τυροκομείο με αποτέλεσμα τα προϊόντα αυτά να μη μπορούν να διοχετευθούν στην αγορά.

Τέλος, στη Λέρο λειτουργούν και δύο οινοποιεία τα οποία διαχειρίζονται περίπου 150 τόνους σταφύλια ετησίως, ενώ παράγουν περίπου 90 τόνους κρασί ετησίως, σύμφωνα με στοιχεία από τη Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας.

3.8.3 Τριτογενής Τομέας

Με τη Λέρο να ξεχωρίζει τόσο για την ιδιαιτερότητα του φυσικού της τοπίου, πάνω και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, όσο και για την εξαιρετικής αρχιτεκτονικής σημασίας οικισμούς της, ο τριτογενής τομέας της είναι αρκετά ανεπτυγμένος με τον τουρισμό και το εμπόριο να κατέχουν εξέχουσα θέση.

Στη Λέρο έχουν ανακηρυχθεί οι οικισμοί Αγία Μαρίνα, Άλινδα, Λακκι, Παρθένι και Πλάτανος ως παραδοσιακοί, γεγονός που προσελκύει πολύ κόσμο στα στενά τους, τα εμπορικά μαγαζιά τους με τοπικά ή μη προϊόντα, καθώς και στα παραδοσιακά καφεενία τους.

Το νησί διαθέτει οργανωμένες παραλίες στα Άλιντα, στο Παντέλι, στο Βρωμόλιθο, στη Γούρνα, στον Ξηρόκαμπο, στο Μπλεφούτι και στα Δυο Λιοσκάρια, όπου υπάρχουν πολλές ταβέρνες και καφετέριες με ομπρέλες και ξαπλώστρες.

Στο νησί, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αθλήματα της ιστιοπλοΐας και της κατάδυσης. Χάρη στα μεγάλα και καλά εξοπλισμένα λιμάνια της, η Λέρος αποτελεί ιδανικό προορισμό και βάση για εξερεύνηση των γύρω νησιών, φέρνοντας τον άνθρωπο πιο κοντά με τη θάλασσα και με την τέχνη της ιστιοπλοΐας. Με τις οργανωμένες μαρίνες με χώρους διαχείμανσης, συντήρησης και επισκευής ιστιοπλοϊκών σκαφών, αποτελεί ισχυρό πόλο έλξης για πολλά σκάφη και μεγάλες ομάδες σκαφών, αφού το νησί είναι σημαντικός κόμβος στο ράλι Αιγαίου ή άλλων εθνικών και διεθνών διαδρομών. Τέλος, η Λέρος διαθέτει και ιστιοπλοϊκό όμιλο στο Λακκί, όπου γίνονται μαθήματα ιστιοπλοΐας για αρχάριους και προχωρημένους. Όσον αφορά στην κατάδυση, υπάρχουν δυο εξοπλισμένες και οργανωμένες, κατά τους διεθνείς κανονισμούς, σχολές καταδύσεων στο νησί, μιας και η Λέρος διαθέτει έναν υποθαλάσσιο παράδεισο. Ο υποβρύχιος πλούτος, από τα ναυάγια κατά τη διάρκεια του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, λειτουργεί ως μαγνήτης για τον τουρισμό αφού αποτελεί ένα μοναδικό υποθαλάσσιο μουσείο.

Από έναν τουριστικό προορισμό, όπως η Λέρος, δεν μπορεί να λείπει η αντίστοιχη τουριστική υποδομή της. Αυτή εμφανίζεται κυρίως στο κεντρικό και νότιο τμήμα του νησιού και ιδιαίτερα στα Άλιντα, στο Λακκί, στο Παντέλι και στο Κριθώνι, όπου βρίσκονται τα περισσότερα τουριστικά καταλύματα, όπως ξενοδοχεία και ενοικιαζόμενα δωμάτια, καθώς και στο Βρωμόλιθο, στον Ξηρόκαμπο και στην Αγία Μαρίνα όπου υπάρχουν πολλές ταβέρνες και άλλα καταστήματα που εξυπηρετούν τουρίστες. Η εστίαση των επισκεπτών γίνεται είτε στα καταλύματα και ξενοδοχεία της περιοχής είτε στα εστιατόρια. Σύμφωνα με στοιχεία του μητρώου επιχειρήσεων της Ελ. Στατ. του 2008, στο νησί δραστηριοποιούνται 62 επιχειρήσεις εστίασης. Στον παρακάτω Πίνακα 3.6 φαίνεται η υπάρχουσα υποδομή διανυκτέρευσης επισκεπτών.

Πίνακας 3-7: Ξενοδοχειακή υποδομή Λέρου

ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΔΩΜΑΤΙΑ	ΚΛΙΝΕΣ
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ	2	701	1300
ΛΟΙΠΑ ΚΑΤΑΛΥΜΑΤΑ	57	411	801
ΣΥΝΟΛΟ	83	1112	2101

Στο νησί λειτουργούν τέσσερα συνεδριακά κέντρα υψηλών προδιαγραφών, από άποψη οπτικοακουστικής και κτιριακής υποδομής, τα οποία είναι ικανά να

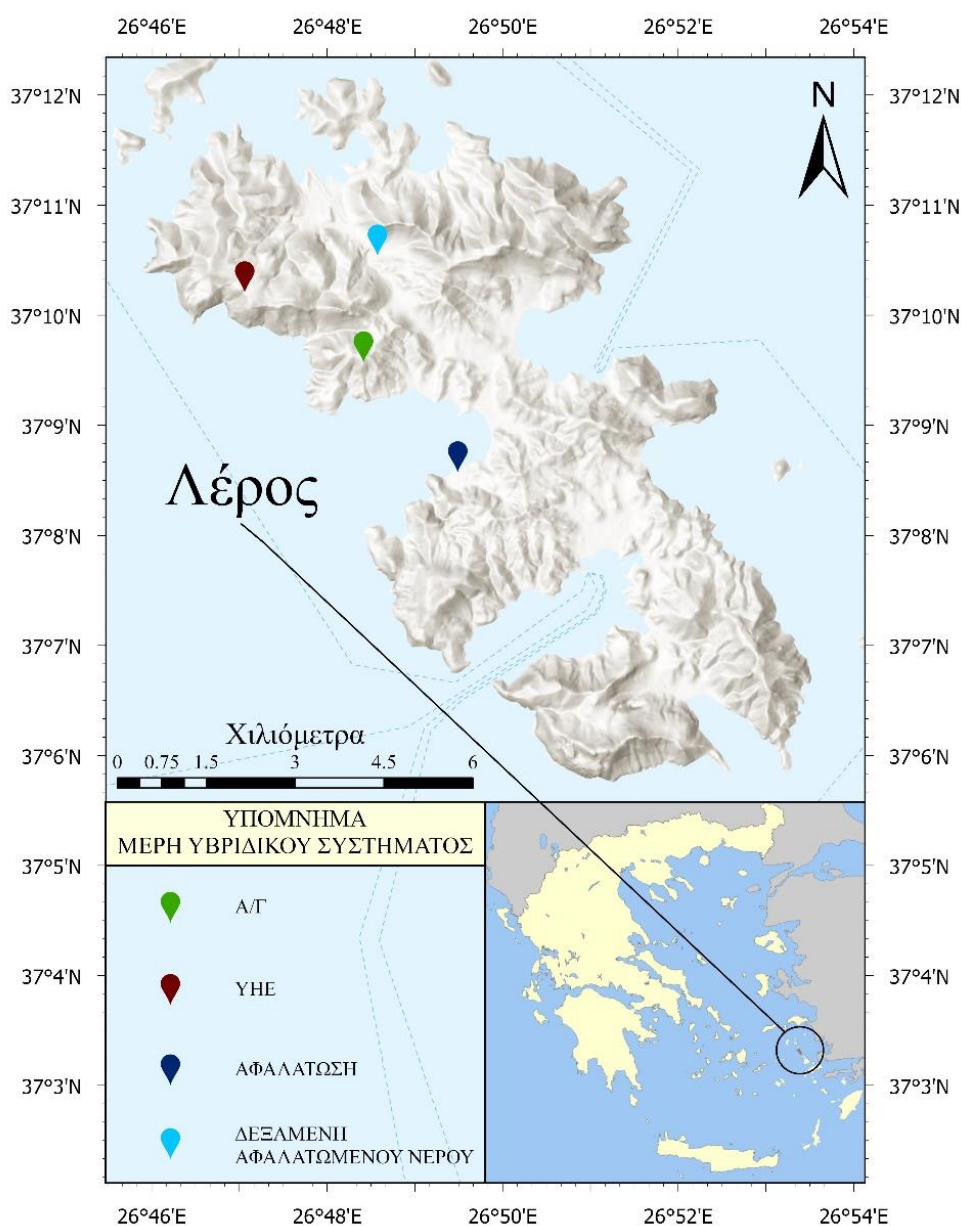
φιλοξενήσουν τη διοργάνωση συνεδρίων, ημερίδων και σεμιναρίων στα διεθνή πρότυπα.

Τέλος, στη Λέρο δεν υπάρχουν ακόμα περιπατητικές διαδρομές με σήμανση, ωστόσο έχει δρομολογηθεί το έργο «Χαρτογράφηση και Αποτύπωση των Μνημείων Ιστορικής και Πολιτιστικής Κληρονομιάς». Στα πλαίσια του έργου αυτού, θα ανακατασκευαστούν οι οδοί – μονοπάτια που οδηγούν στα σημαντικότερα μνημεία του νησιού και στα οποία ήδη έχουν τοποθετηθεί πέτρινα κίσκια για τις στάσεις των περιπατητών (<https://ecoanemos.files.wordpress.com/2010/01/leros.pdf>).

4 Μεθοδολογία

4.1 Εισαγωγή – Τεχνική Περιγραφή Έργου

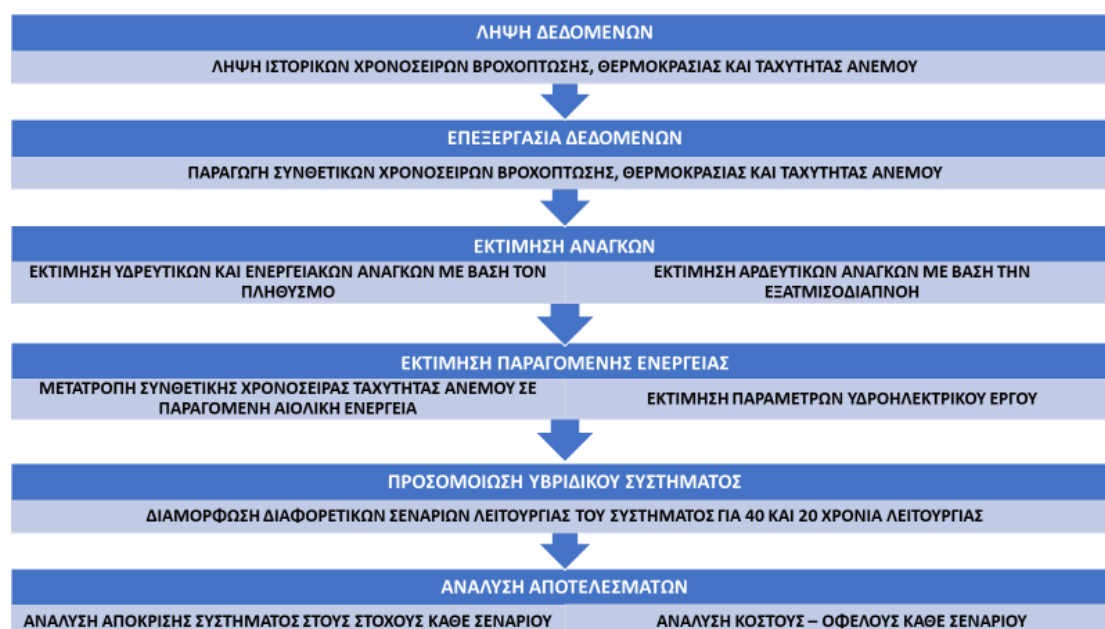
Το ΥΣ το οποίο μελετάται στην παρούσα εργασία αποτελείται από ένα αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 4.2 MW, δύο μονάδες αφαλάτωσης συνολικής δυναμικότητας 2000 m³/d και ισχύος 6.5 kW/m³, σε συνδυασμό με μια αντλία ισχύος 10 kW προκειμένου να αντλεί το αφαλατωμένο νερό και έναν ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού χωρητικότητας 785000 m³ (ο οποίος αποτελεί και το υπάρχον φράγμα του νησιού), έναν αντλητικό σταθμό συνολικής ισχύος 2 MW για άντληση θαλασσινού νερού, έναν υδροηλεκτρικό σταθμό παροχής 5 m³/s και έναν ταμιευτήρα θαλασσινού νερού χωρητικότητας 780000 m³ σε ύψος 170 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.



Σχήμα 4-1: Χάρτης νήσου Λέρου, θέσεις ΥΣ

Στο Σχήμα 4.1, παρουσιάζεται η διάταξη των έργων του ΥΣ στο νησί της Λέρου. Παρόλο που τα επιμέρους έργα είναι διασκορπισμένα στο κεντρικό και δυτικό τμήμα του νησιού, αφού η Λέρος διαθέτει ήδη αιολικό πάρκο, μονάδες αφαλάτωσης και φράγμα, με κατάλληλα έργα μπορεί να πραγματοποιηθεί η αξιόπιστη σύνδεση τους.

Η έκφραση και αναπαράσταση του ΥΣ γίνεται μέσω της προσομοίωσης του, με σκοπό τη διερεύνηση και την κατανόηση της λειτουργίας και συμπεριφοράς του, τη σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων λειτουργίας και την εκτίμηση της μελλοντικής συμπεριφοράς του κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Η προσομοίωση διακρίνεται σε τρία στάδια με πρώτο, και ίσως βασικότερο, τη συλλογή των δεδομένων εισόδου για την καλύτερη και πιο ακριβή αναπαράσταση και τελικά ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, ακολουθεί η μοντελοποίηση και η προσομοίωση του συστήματος και τέλος, λαμβάνει χώρα η ανάλυση των αποτελεσμάτων και δεδομένων εξόδου για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Στο Σχήμα 4.2, παρουσιάζεται σε διάγραμμα η μεθοδολογία που ακολουθείται για τη διεξαγωγή της προσομοίωσης και των αποτελεσμάτων της.



Σχήμα 4-2: Σχηματικό διάγραμμα ανάλυσης μεθοδολογίας

4.2 Επεξεργασία Δεδομένων

Οι εκτιμήσεις και οι προβλέψεις φυσικών και υδρολογικών μεταβλητών κατά κανόνα συνάγονται μετά από επεξεργασία της διαθέσιμης ιστορικής πληροφορίας με πιθανοθεωρητικές και στατιστικές μεθόδους. Η ιστορική πληροφορία, ή αλλιώς ιστορική χρονοσειρά, είναι ένα σύνολο μετρήσεων μιας φυσικής διεργασίας, που αναφέρεται σε συγκεκριμένη περιοχή ή θέση. Είναι, λοιπόν, αυτονόητο ότι η λήψη των κατάλληλων μετρήσεων και η κατάρτιση ενός επαρκούς υδρολογικού δείγματος προηγείται και αποτελεί τη βάση της στατιστικής επεξεργασίας και συναγωγής συμπερασμάτων. Επιπρόσθετα, ισχύει ότι όσο πιο μεγάλο είναι το μέγεθος του

δείγματος και όσο μεγαλύτερη η αξιοπιστία των μετρήσεων, τόσο πιο αξιόπιστες είναι και οι εκτιμήσεις και οι προβλέψεις (Κουτσογιάννης, 1997).

Στην παρούσα μελέτη, τα απαραίτητα δεδομένα, τα οποία και είναι διαθέσιμα για επεξεργασία, είναι αυτά της βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου. Καθώς τα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα είναι διαφορετικής διάρκειας μεταξύ τους και η διερεύνηση διαστασιολόγησης του τεχνικού έργου δεν μπορεί να γίνει μόνο βάσει των ιστορικών δεδομένων, όπως προκύπτει από τα παραπάνω, καθίσταται αναγκαία η παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών. Οι συνθετικές χρονοσειρές παράγονται για όλα τα δεδομένα, ενώ το μήκος τους είναι 40 χρόνια, ώστε να αντιστοιχεί με τη διάρκεια ζωής του υπό μελέτη υβριδικού έργου.

4.2.1 Συνθετικές Χρονοσειρές Βροχόπτωσης

Η έντονη σημασία της βροχής γίνεται εμφανής από τη δυνατότητά της να επηρεάζει το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής, καθώς και τον πρωτογενή τομέα, αφού μπορεί να έχει θετική και συνάμα αρνητική επίδραση σε αρδευόμενες καλλιέργειες. Για τη βροχόπτωση, λαμβάνεται ως δεδομένο ιστορική ημερήσια χρονοσειρά μήκους 34 ετών, από την οποία αξιοποιούνται τα 31 έτη, λόγω έλλειψης αρκετών τιμών στα πρώτα χρόνια των μετρήσεων. Αρχικό βήμα αποτελεί η ανάλυση της ιστορικής χρονοσειράς, η οποία αποσκοπεί στην εύρεση των στατιστικών χαρακτηριστικών εκείνων, που συμβάλουν στην κατανόηση της ιστορικής συμπεριφοράς της βροχόπτωσης στο νησί της Λέρου, και επιτρέπει, τελικά, την εκτίμηση μελλοντικών τιμών της. Η αρχική ανάλυση γίνεται με τη μετατροπή της χρονοσειράς από ημερήσια σε μηνιαία, καθώς και τη μονιμοποίηση των μηνιαίων τιμών, με σκοπό να προκύψουν οι απαραίτητες στατιστικοί παράμετροι και συντελεστές, βάσει των οποίων θα γίνει η παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών. Στον Πίνακα 4.1, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις σε mm ανά μήνα της ιστορικής χρονοσειράς. Σημειώνεται πως η μέση τιμή κάθε μήνα, στην περίπτωση της βροχόπτωσης, προκύπτει από το άθροισμα των μέσων ημερήσιων βροχοπτώσεων κάθε μήνα.

Πίνακας 4-1: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ανά μήνα ιστορικής χρονοσειράς βροχόπτωσης

Μήνας	Μέση τιμή (mm)	Τυπική Απόκλιση (mm)
Ιανουάριος	5.15	12.71
Φεβρουάριος	5.46	14.15
Μάρτιος	2.86	7.42
Απρίλιος	3.62	12.61
Μάιος	12.74	25.65
Ιούνιος	14.14	17.06
Ιούλιος	32.75	42.00
Αύγουστος	41.05	52.51
Σεπτέμβριος	37.47	51.01
Οκτώβριος	14.51	27.96
Νοέμβριος	19.81	34.25
Δεκέμβριος	7.97	25.62

Μετά την ανάλυση της ιστορικής χρονοσειράς, σειρά έχει η παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών. Για την παραγωγή των συνθετικών εξετάζονται οι μέθοδοι AR (2), ή αλλιώς μοντέλο αυτοσυσχέτισης δεύτερης τάξης, και ARMA (1,1) ή μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης πρώτης τάξης και κυλιόμενου μέσου όρου πρώτης τάξης. Η πρώτη μέθοδος αναπαριστά μια τυχαία διαδικασία, που στηρίζει ότι η μεταβλητή εξόδου, η βροχή στην περίπτωση αυτή, ορίζεται γραμμικά από τις δύο προηγούμενες τιμές της, αφού το μοντέλο είναι δεύτερης τάξης, και από έναν στοχαστικό όρο, το λευκό θόρυβο, ο οποίος μετράει τα σφάλματα. Ως λευκός θόρυβος ορίζεται, σε διακριτό χρόνο, ένα διακριτό σήμα του οποίου τα δείγματα θεωρούνται ως ακολουθία ασυσχέτιστων τυχαίων μεταβλητών με μηδενική μέση τιμή και πεπερασμένη διακύμανση, ή αλλιώς μια στιγμιαία και διακριτή διακύμανση στο δείγμα. Από την άλλη, η δεύτερη μέθοδος είναι ένας συνδυασμός από τη μέθοδο AR και από διαδικασία κινητού μέσου MA. Να σημειωθεί ότι τα υποδείγματα κινητού μέσου MA είναι χρήσιμα για την περιγραφή φαινομένων όπου τα γεγονότα παράγουν ένα άμεσο αποτέλεσμα, η επίδραση του οποίου δεν σταματά εκεί αλλά συνεχίζει. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων, γνωστός ως ARMA, έχει αποδειχτεί ως ένα μοντέλο κατάλληλο για την ανάλυση ιστορικών χρονοσειρών, αλλά και την παραγωγή μελλοντικών συνθετικών χρονοσειρών. Παρόλα αυτά, η επιλογή της βέλτιστης συνθετικής χρονοσειράς γίνεται με τον έλεγχο Anderson (Mimikou, Baltas, Tsihrintzis, 2016). Στην περίπτωση της βροχόπτωσης, λοιπόν, σύμφωνα και με τον έλεγχο Anderson, ως βέλτιστη συνθετική μηνιαία χρονοσειρά επιλέγεται η ARMA (1,1). Τέλος, για τη μετατροπή της μηνιαίας συνθετικής χρονοσειράς σε ημερήσια, υπολογίζεται η μέση ημερήσια διακύμανση βροχόπτωσης για κάθε μήνα της

ιστορικής χρονοσειράς για την εύρεση του ποσοστού βροχόπτωσης για κάθε μέρα (Σκρουφούτα, 2020), τα οποία ποσοστά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4-2: Ημερήσιο ποσοστό βροχόπτωσης ανά μήνα (%)

Ημερήσιο Ποσοστό Βροχόπτωσης κάθε Μήνα (%)												
A/A	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
1	4.65	5.94	0.00	0.33	0.00	0.30	0.17	4.11	3.28	1.30	4.27	4.56
2	0.00	1.66	0.00	1.00	0.05	1.67	2.49	4.22	0.11	6.37	2.98	2.81
3	10.95	0.00	0.00	0.00	0.26	1.33	3.15	1.90	2.33	3.05	7.89	1.14
4	10.01	0.00	0.85	0.00	0.00	2.36	2.23	3.37	1.63	5.03	5.74	0.04
5	0.00	0.17	2.12	0.00	3.76	0.34	13.37	2.22	0.67	6.79	0.96	5.71
6	0.12	0.00	0.32	0.00	4.31	3.69	3.07	2.85	9.92	2.92	5.77	8.60
7	0.77	6.83	0.00	0.00	0.93	3.15	1.49	8.09	7.36	1.07	6.92	8.37
8	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	4.16	7.07	5.94	2.85	0.40	2.52	0.72
9	16.31	10.71	7.72	0.00	0.00	4.46	8.56	1.66	0.99	3.34	8.45	0.00
10	4.36	6.16	6.03	0.00	0.00	3.24	0.42	3.21	1.79	13.66	1.24	3.04
11	5.59	0.00	0.21	2.51	1.93	1.52	3.10	10.93	7.06	0.79	2.95	1.56
12	0.00	7.49	10.79	1.00	0.00	18.89	4.51	5.17	0.71	1.67	3.93	0.00
13	0.41	10.04	20.00	3.01	3.81	3.24	2.22	2.50	0.99	0.21	3.99	0.00
14	0.00	0.72	10.69	3.76	0.93	5.38	1.42	6.30	7.54	0.02	5.03	1.10
15	0.00	0.11	0.00	1.84	5.76	0.13	1.30	0.94	1.29	0.48	1.10	0.00
16	0.18	3.88	0.00	6.52	1.67	5.23	0.00	2.32	3.36	7.94	1.67	1.98
17	0.47	2.66	0.42	4.60	2.31	1.31	3.72	1.89	2.56	3.30	0.80	0.00
18	0.00	0.00	6.14	0.33	4.24	2.55	3.55	2.15	4.75	2.49	2.19	0.08
19	0.00	3.27	13.76	0.00	1.78	4.52	4.52	1.65	7.34	1.30	3.04	4.41
20	6.30	4.66	0.00	0.00	2.36	5.36	3.82	1.44	2.59	10.19	3.04	0.00
21	7.66	2.39	0.00	25.75	5.14	0.02	1.93	2.35	1.36	1.09	2.71	0.00
22	0.77	0.00	0.00	7.44	14.28	2.25	1.56	1.10	3.19	0.88	1.71	7.49
23	0.00	3.88	10.69	0.00	4.54	0.51	4.49	2.61	2.05	1.92	9.13	25.45
24	4.71	19.98	2.33	0.00	15.94	6.41	1.15	3.98	2.86	0.96	1.64	6.16
25	2.94	8.55	0.00	30.02	0.07	2.49	0.37	6.27	8.21	0.00	1.76	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	2.40	3.77	1.17	4.03	2.24	2.34	1.45
27	1.47	0.17	0.00	0.00	0.00	2.62	5.08	3.13	2.31	2.55	0.00	5.17
28	8.24	0.72	1.69	0.84	7.21	0.04	0.44	1.37	6.15	0.21	0.92	4.15
29	0.18	0.00	0.00	10.87	10.90	0.00	4.47	0.53	0.10	15.48	5.08	3.80
30	1.53	-	0.00	0.17	2.97	10.44	0.34	2.47	0.63	1.11	0.21	0.61
31	3.77	-	6.24	0.00	4.69	0.00	6.22	2.13	0.00	1.25	0.00	1.60

4.2.2 Συνθετικές Χρονοσειρές Θερμοκρασίας

Αντίστοιχης σημασίας με τη βροχή, αποτελεί και η θερμοκρασία για τα υδατικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής, καθώς και τις αρδευόμενες καλλιέργειες της, αφού οι ιδιαίτερα υψηλές τιμές της είναι η βασική αιτία της εξάτμισης ή εξατμισοδιαπνοής.

Τα δεδομένα της θερμοκρασίας που αξιοποιούνται αντιστοιχούν σε ημερήσιες ιστορικές χρονοσειρές μήκους, επίσης, 31 ετών. Για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών, ακολουθείται η ίδια διαδικασία με της βροχόπτωσης, ωστόσο αξίζει να σημειωθεί μια στοιχειώδης διαφορά στις δύο διαδικασίες. Στην περίπτωση της βροχόπτωσης, η μέση ημερήσια βροχόπτωση αναφέρεται στο άθροισμα της βροχόπτωσης της μέρας, ενώ στην περίπτωση της θερμοκρασίας ορίζεται ως ο μέσος όρος της θερμοκρασίας εκείνη την ημέρα. Υπολογίζεται η μέση τιμή και τυπική απόκλιση κάθε μήνα της ιστορικής χρονοσειράς, καθώς και τα ημερήσια ποσοστά θερμοκρασίας του κάθε μήνα ως προς τη μέση τιμή του μήνα, με βάση τα οποία οι συνθετικές μηνιαίες χρονοσειρές μετατρέπονται σε ημερήσιες. Η επικρατέστερη μέθοδος για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών είναι, και πάλι, το ARMA (1,1), όπως προέκυψε από τον έλεγχο Anderson.

Στον Πίνακα 4.3, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις για κάθε μήνα και στον Πίνακα 4.4 τα ημερήσια ποσοστά κάθε μήνα, που προέκυψαν από την ιστορική χρονοσειρά.

Πίνακας 4-3: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ανά μήνα ιστορικής χρονοσειράς θερμοκρασίας

Μήνας	Μέση τιμή (°C)	Τυπική Απόκλιση (°C)
Ιανουάριος	11.21	1.42
Φεβρουάριος	10.83	1.97
Μάρτιος	13.63	1.78
Απρίλιος	16.16	1.49
Μάιος	20.46	1.46
Ιούνιος	23.92	1.42
Ιούλιος	26.29	1.87
Αύγουστος	26.61	1.31
Σεπτέμβριος	23.11	1.15
Οκτώβριος	19.76	2.19
Νοέμβριος	15.33	2.32
Δεκέμβριος	12.60	2.22

Πίνακας 4-4: Ημερήσιο ποσοστό θερμοκρασίας ανά μήνα

Ημερήσιο Ποσοστό Θερμοκρασίας κάθε Μήνα (%)												
A/A	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ
1	97.79	98.18	93.70	93.71	90.77	92.06	94.23	99.44	103.81	113.18	111.58	104.95
2	110.43	98.26	94.83	92.98	89.64	93.68	94.21	94.68	103.81	107.33	112.35	115.13
3	103.86	97.61	96.20	92.53	92.51	96.55	98.67	97.40	103.73	106.70	100.93	109.34
4	104.62	112.29	95.17	95.96	91.50	96.69	97.56	99.94	110.20	99.16	112.06	116.24
5	105.10	116.66	99.32	102.10	91.43	99.54	99.16	104.54	110.76	107.01	115.84	108.91
6	96.82	114.11	98.83	96.43	98.96	98.62	99.63	102.69	108.94	100.85	114.63	113.96
7	81.41	111.51	93.33	96.67	95.70	99.03	100.48	102.37	108.68	106.30	113.69	110.90
8	101.22	105.80	102.07	100.46	96.02	96.44	96.84	102.66	102.99	109.85	119.31	101.37
9	93.17	93.76	93.76	101.18	95.90	94.20	101.52	102.47	103.88	101.14	105.41	105.22
10	91.67	98.41	88.78	98.97	94.38	101.71	97.68	103.51	107.80	106.73	97.48	93.53
11	105.25	107.82	96.96	100.04	93.96	103.34	101.95	102.35	107.41	96.63	104.67	103.31
12	96.91	114.83	97.84	106.91	95.63	105.16	98.34	96.90	107.59	107.68	103.93	104.82
13	104.81	109.28	102.40	105.82	102.19	105.98	100.91	98.80	105.70	103.39	108.07	98.05
14	99.45	117.63	91.01	105.08	101.96	106.07	101.09	101.30	102.56	107.74	107.53	98.45
15	109.65	111.48	101.73	108.98	102.05	105.37	101.61	101.93	98.31	101.84	107.82	97.21
16	103.20	97.52	101.56	106.56	103.13	105.90	98.27	102.48	104.23	97.04	105.07	102.66
17	103.20	107.81	93.20	108.14	98.97	108.83	101.83	102.52	106.06	105.80	94.83	93.54
18	105.93	115.66	93.07	100.85	99.85	108.83	101.42	96.93	105.62	93.59	100.98	102.16
19	98.32	109.15	98.16	107.34	97.20	107.88	101.02	98.23	105.28	98.37	103.74	101.17
20	97.05	108.49	104.32	99.43	106.25	107.88	99.05	101.62	103.52	93.98	106.46	98.35
21	100.00	112.50	105.03	102.81	104.93	104.79	101.67	102.20	102.24	102.64	97.15	92.76
22	112.28	111.79	107.16	107.51	107.20	108.06	100.26	102.29	99.67	97.21	100.94	89.58
23	106.02	92.51	104.84	102.93	106.82	105.11	102.00	101.79	101.00	101.17	101.55	96.28
24	99.41	110.50	95.85	109.03	105.14	107.72	103.57	101.76	98.19	101.78	83.33	94.18
25	105.63	116.67	107.29	104.71	101.37	110.73	97.39	92.48	96.78	91.18	89.76	92.00
26	95.92	118.38	110.41	112.18	102.36	107.63	97.87	101.83	102.65	94.39	93.35	94.47
27	96.85	119.42	116.32	107.61	109.62	106.03	103.16	101.72	96.41	84.94	95.31	97.27
28	87.75	114.05	108.02	111.37	104.99	105.12	101.79	100.18	94.68	91.60	96.37	96.27
29	95.72	30.66	110.84	110.97	106.55	105.10	104.01	93.40	96.76	87.48	100.83	92.60
30	104.03	14.14	98.95	110.72	108.19	105.94	103.27	94.51	100.73	91.68	95.01	86.84
31	86.52	13.14	99.06	0.00	104.80	0.00	99.56	95.11	0.00	91.62	0.00	88.48

4.2.3 Συνθετικές Χρονοσειρές Ανέμου

Τον πιο σημαντικό, ίσως, παράγοντα της παρούσας μελέτης αποτελεί το αιολικό δυναμικό της Λέρου, το οποίο ορίζει την αρχή του ΥΣ. Είναι επιτακτική, λοιπόν, η ανάγκη διάθεσης αξιόπιστων μετρήσεων, επαρκούς μεγέθους και κατάλληλης επεξεργασίας τους, ώστε να φέρουν ακριβή και ρεαλιστικά αποτελέσματα.

Τα δεδομένα ανέμου είναι ιστορική χρονοσειρά με τρίωρο βήμα και ίδιου μήκους με αυτή της θερμοκρασίας, δηλαδή 31 χρόνια, καθώς οι μετρήσεις έγιναν από τον ίδιο μετεωρολογικό σταθμό και αφορούν την ταχύτητα του ανέμου σε m/s. Το μεγάλο μέγεθος της ιστορικής χρονοσειράς ήταν σημαντικός σύμμαχος στον προσδιορισμό

της περιοδικότητας που εμφανίζει ο άνεμος και άλλων στατιστικών χαρακτηριστικών του. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές ελλείψεις οι οποίες πρέπει να καλυφθούν, ώστε να διατηρηθεί η εποχικότητα και η ημερήσια διακύμανση του ανέμου για κάθε μήνα ξεχωριστά. Για τη βελτίωση της ιστορικής χρονοσειράς, υπολογίζεται από τις αξιόπιστες μετρήσεις η μέση τιμή κάθε ώρας ανά μέρα για κάθε μήνα, ώστε να προκύψει το ποσοστό κάθε ώρας κάθε μέρας ως προς τη μέση ημερήσια τιμή. Με βάση τα ποσοστά αυτά, συμπληρώνεται η ιστορική χρονοσειρά, αποτελώντας φερέγγυο εργαλείο για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών.

Σε αντίθεση με τις περιπτώσεις της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας, η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών ανέμου βασίζεται στους Negra et al. (2007). Η συγκεκριμένη μέθοδος ορίζει ως είσοδο τη δεδομένη ιστορική χρονοσειρά, από την οποία τελικά εξάγεται μια συνθετική χρονοσειρά ενός έτους και με ωριαίο βήμα. Επιπλέον, η μέθοδος εφαρμόζεται 40 φορές, ώστε να ταυτίζεται η χρονοσειρά με τη διάρκεια ζωής του υπό μελέτη έργου. Το μοντέλο αναπτύσσεται σε δύο σκέλη. Το πρώτο σκέλος αφορά τον ορισμό ενός πιθανοτικού πίνακα της ταχύτητας του ανέμου, με πληροφορίες σχετικά με τη συχνότητα και τη διάρκεια του κάθε ανέμου, ενώ το δεύτερο είναι υπεύθυνο για την παραγωγή της συνθετικής χρονοσειράς ανέμου από τον προηγούμενο υπολογισμένο πίνακα.

Τα βήματα της μεθοδολογίας για το πρώτο σκέλος του μοντέλου είναι τα ακόλουθα:

- Δημιουργία πίνακα ο οποίος περιλαμβάνει κλάσεις ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου.
- Για κάθε κλάση υπολογίζεται η πιθανότητα εμφάνισης της, State Probability $p_{ws,i}$, σύμφωνα με τη σχέση 4.1:

$$p_{ws,i} = \frac{\sum_{j=1}^{M_{ws}} D_{ws,i,j}}{\sum_{k=1}^{M_{ws}} \sum_{j=1}^{M_{ws}} D_{ws,k,j}} \quad (4.1)$$

Όπου $p_{ws,i}$ η πιθανότητα εμφάνισης και $D_{ws,i,j}$ ο χρόνος παραμονής στην εκάστοτε κλάση πριν μεταβεί στην επόμενη.

- Στη συνέχεια, υπολογίζεται η συχνότητα εμφάνισης, Frequency, δηλαδή πόσο συχνά ο άνεμος μετακινείται στην εξεταζόμενη κλάση από μια προηγούμενη ή επόμενη κλάση, με τη σχέση 4.2:

$$f_{ws,i} = N_{ws,i,i} + N_{ws,i,i-1} \quad (4.2)$$

- Για κάθε κλάση υπολογίζεται η συχνότητα που ο άνεμος μετακινείται από προηγούμενη κλάση στην εξεταζόμενη κλάση, Up, και αντίστοιχα η συχνότητα που μετακινείται από επόμενη κλάση στην εξεταζόμενη, Down.
- Έπειτα υπολογίζεται για κάθε κλάση η μέση διάρκεια παραμονής στη συγκεκριμένη κλάση, με τη σχέση 4.3:

$$d_{ws,i} = p_{ws,i} / f_{ws,i} \quad (4.3)$$

- Τέλος, υπολογίζονται οι συντελεστές $\lambda_{ws,i+}$ και $\lambda_{ws,i-}$ οι οποίοι σχετίζονται με την πιθανότητα να έχουμε μετακίνηση στην αμέσως προηγούμενη ή στην αμέσως επόμενη αντίστοιχα, από μια συγκεκριμένη κλάση, με τη σχέση 4.4:

$$\lambda_{ws,i\pm 1} = N_{ws,i\pm 1} / p_{ws,i} \quad (4.4)$$

Στον Πίνακα 4.5, παρουσιάζεται ενδεικτικά ο πίνακας πιθανότητας συνθετικής χρονοσειράς για το μήνα Ιανουάριο, καθώς και η συχνότητα κάθε κλάσης ανά μήνα, όπως προέκυψαν από τους παραπάνω υπολογισμούς (Πίνακας 4.6).

Πίνακας 4-5: Πιθανοτικός πίνακας ανεμολογικών στοιχείων Ιανουαρίου

Πιθανοτικός Πίνακας Ιανουαρίου					
Κλάσεις	Πιθανότητα	Συχνότητα	Διάρκεια	Up	Down
[0-1]	0.00	0.03	0.03	434.46	0.00
(1-2]	0.02	1.56	0.01	1020.40	20.01
(2-3]	0.08	5.98	0.01	633.76	242.06
(3-4]	0.13	15.81	0.01	1156.11	341.71
(4-5]	0.32	28.34	0.01	665.40	412.73
(5-6]	0.23	23.38	0.01	280.77	946.43
(6-7]	0.09	7.60	0.01	274.24	761.32
(7-8]	0.07	4.27	0.02	78.74	620.05
(8-9]	0.02	1.98	0.01	667.58	556.31
(9-10]	0.02	1.38	0.02	299.39	425.45
(10-11]	0.01	0.54	0.02	167.40	334.81
(11-12]	0.01	0.27	0.03	168.95	211.19
(12-13]	0.00	0.15	0.01	160.06	640.25
(13-14]	0.00	0.03	0.01	0.00	1520.59
(14-15]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(15-16]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(16-17]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(17-18]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(18+]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Πίνακας 4-6: Συχνότητα κάθε κλάσης ανά μήνα

Συχνότητα κάθε κλάσης ανά μήνα (%)												
ΚΛΑΣΕΙΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
[0-1]	0.03	0.09	0.57	0.39	0.06	0.06	0.12	0.03	0.15	0.06	0.12	0.12
(1-2]	1.56	0.60	3.64	4.39	1.47	0.54	1.17	0.60	0.72	0.48	0.57	0.81
(2-3]	5.98	2.92	8.42	13.40	5.59	4.51	4.78	3.58	4.30	4.36	2.49	4.03
(3-4]	15.81	23.53	29.42	35.83	26.51	20.41	18.21	11.87	14.94	12.47	9.05	11.15
(4-5]	28.34	36.82	31.86	35.26	40.40	32.82	30.33	28.07	31.95	26.30	29.27	26.00
(5-6]	23.38	19.36	10.49	13.25	21.58	21.01	21.10	24.59	29.51	26.99	31.20	28.22
(6-7]	7.60	4.12	2.34	4.09	3.64	5.95	6.43	10.28	8.63	10.61	12.08	14.40
(7-8]	4.27	2.25	4.18	0.45	1.26	1.53	1.74	2.95	1.23	1.50	4.21	5.02
(8-9]	1.98	1.38	0.84	0.39	0.36	0.60	0.87	1.77	0.48	1.38	2.67	2.43
(9-10]	1.38	0.33	0.48	0.12	0.15	0.36	0.54	0.39	0.39	0.75	0.57	1.62
(10-11]	0.54	0.21	0.12	0.00	0.03	0.12	0.24	0.39	0.24	0.39	0.18	1.32
(11-12]	0.27	0.12	0.09	0.03	0.00	0.12	0.03	0.27	0.06	0.15	0.21	0.51
(12-13]	0.15	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.12	0.00	0.78	0.21
(13-14]	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.09	0.03
(14-15]	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(15-16]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
(16-17]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(17-18]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
(18+]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Μετά τον προσδιορισμό των παραμέτρων για κάθε μήνα και της ταξινόμησης τους σε πίνακες, σειρά έχει το δεύτερο σκέλος της μεθοδολογίας, δηλαδή η παραγωγή ετήσιων χρονοσειρών ανέμου. Για την παραγωγή ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- Το διάνυσμα της ταχύτητας αποκτά μια αρχική ταχύτητα. Αυτή επιλέγεται για το πρώτο χρονικό βήμα ως η μέση ετήσια ταχύτητα.
- Για κάθε χρονικό βήμα δημιουργούνται δύο τυχαίοι αριθμοί, U_1^i και U_2^i , οι οποίες παίρνουν τιμές από 0 έως 1, και αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα το διάνυσμα της ταχύτητας να μετατοπιστεί στην αμέσως επόμενη ή προηγούμενη κλάση.

- Υπολογίζεται ο χρόνος μετάβασης στην αμέσως επόμενη και στην αμέσως προηγούμενη κλάση, με τις σχέσεις 4.5 και 4.6:

$$TTU^i = \frac{h}{\lambda_{up}} \ln(U_1^i) \quad (4.5)$$

$$TTD^i = \frac{h}{\lambda_{down}} \ln(U_2^i) \quad (4.6)$$

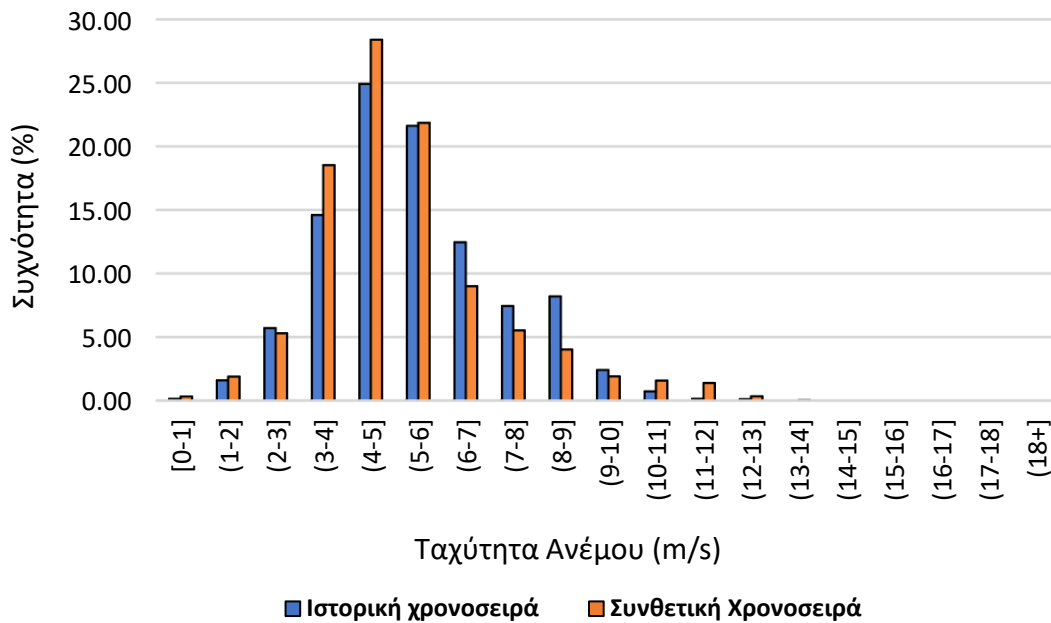
Όπου h η περίοδος προσομοίωσης σε τρίωρα αφού η ιστορική χρονοσειρά έχει τρίωρο βήμα. Η μικρότερη εκ των δύο τιμών των σχέσεων είναι που θα καθορίσει σε ποια κατάσταση θα βρεθεί το νέο διάνυσμα της ταχύτητας.

- Σε περίπτωση που $TTU^i = 0$, τότε θεωρείται ότι ο άνεμος δεν μπορεί να μετατοπιστεί σε μεγαλύτερη κλάση και, επομένως, μετατοπίζεται στην αμέσως χαμηλότερη σε χρονικό διάστημα TTD^i . Αντίθετα, στην περίπτωση που $TTD^i = 0$ θεωρείται ότι ο άνεμος δεν μπορεί να μετατοπιστεί σε μικρότερη κλάση και μετατοπίζεται, τελικά, στην αμέσως μεγαλύτερη σε χρονικό διάστημα TTU^i .
- Όταν η τιμή της ταχύτητας είναι μηδενική, τότε αναγκαστικά μετατοπίζεται σε μεγαλύτερη κλάση ενώ, αντίστοιχα, ο άνεμος δεν μπορεί να λάβει τιμές μεγαλύτερες από αυτές που έχουν παρατηρηθεί στην ιστορική χρονοσειρά.
- Σε περίπτωση που $TTU^i < TTD^i$, το διάνυσμα της ταχύτητας μεγαλώνει μια μονάδα ενώ στην αντίθετη περίπτωση το διάνυσμα μειώνεται κατά μία μονάδα. Μετά από κάθε βήμα, το χρονικό διάστημα αυξάνεται κατά $t^i = t^{i-1} + TTU^i$ (Σχέση 4.7) για την πρώτη περίπτωση και $t^i = t^{i-1} + TTD^i$ (Σχέση 4.7).
- Τα βήματα 2 έως και 4 επαναλαμβάνονται μέχρις ότου το t να ισούται ή να ξεπερνάει το h .

Η παραπάνω διαδικασία οδηγεί στην παραγωγή μιας ετήσιας χρονοσειράς, συνεπώς για τις ανάγκες του έργου που εξετάζεται στην παρούσα μελέτη και έχει διάρκεια ζωής 40 έτη, η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου παραχθούν 40 συνθετικές χρονοσειρές. Η εφαρμογή του μοντέλου για παραγωγή των χρονοσειρών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 365.

Για τον έλεγχο αξιοπιστίας του μοντέλου για παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών, γίνεται σύγκριση της ιστορικής με τη συνθετική χρονοσειρά. Ο έλεγχος αυτός γίνεται καθώς, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, το αιολικό δυναμικό είναι το πιο σημαντικό και ευαίσθητο στοιχείο εισόδου στο υπό μελέτη ΥΣ, και η διατήρηση της ωριαίας διακύμανσης και της μηνιαίας εποχικότητας του είναι υψηλής σημασίας. Στο Σχήμα 4.3, όπου φαίνεται η σύγκριση συχνότητας – ταχύτητας των δύο χρονοσειρών, γίνεται εμφανής η ομοιότητα της ιστορικής με τη συνθετική και τελικά η αξιοπιστία του μοντέλου.

Διάγραμμα Συχνότητας - Ταχύτητας



Σχήμα 4-3: Σύγκριση Συχνότητας – Ταχύτητας

4.3 Εκτίμηση Υδρευτικών, Ενεργειακών και Αρδευτικών Αναγκών

4.3.1 Εισαγωγή

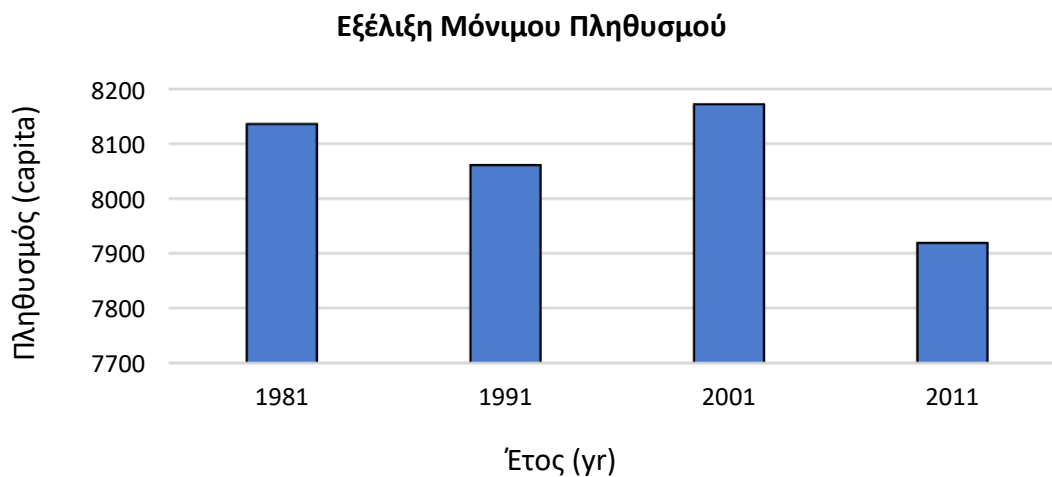
Η αξιοπιστία της προσομοίωσης του ΥΣ, εξαρτάται τόσο από την ποιότητα των μετεωρολογικών δεδομένων που λαμβάνονται, όσο και από την ακριβή εκτίμηση των αναγκών, που καλείται να καλύψει το σύστημα. Οι ανάγκες αυτές είναι ενεργειακές, υδρευτικές και αρδευτικές και οι εκτιμήσεις τους θα πρέπει να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα που διέπει το νησί. Η διάρκεια ζωής του έργου αγγίζει τα 40 χρόνια, ωστόσο οι συνθήκες στη Λέρο μεταβάλλονται χρόνο με το χρόνο, γεγονός που οδηγεί στην ανάγκη για εκτίμηση των παραπάνω αναγκών για τα επόμενα 40 χρόνια.

Τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά του νησιού αποτελούν το βασικό παράγοντα, που καθορίζει τις ενεργειακές, αλλά και τις υδρευτικές ανάγκες του νησιού. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η αναγωγή του πληθυσμού και των αντίστοιχων αναγκών του στον προσδοκώμενο πληθυσμό ανά έτος, για τη διάρκεια ζωής του έργου, ώστε να είναι πιο ακριβή τα δεδομένα εισόδου του μοντέλου.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.7, ο μόνιμος πληθυσμός της Λέρου φαίνεται να κυμαίνεται σταθερά κοντά στους 8000 κατοίκους, η διακύμανση του οποίου φαίνεται και στο Σχήμα 4.4.

Πίνακας 4-7: Απογραφές μόνιμου πληθυσμού 1981 - 2011

Απογραφές	
Έτος	Πληθυσμός
1981	8136
1991	8061
2001	8172
2011	7919



Σχήμα 4-4: Μόνιμος Πληθυσμός 1981 - 2011

Η τουριστική περίοδος στη Λέρο επικρατεί κυρίως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, με μικρότερη κίνηση κατά τους μήνες Απρίλιο μέχρι Ιούνιο και Σεπτέμβριο, ενώ δεν λείπει και από τους χειμερινούς μήνες. Δεν υπάρχουν στοιχεία κατανομής του τουριστικού πληθυσμού στο εσωτερικό του νησιού, αλλά διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος του διοχετεύεται σχεδόν αποκλειστικά στην Αγία Μαρίνα, στο Κριθώνι και κυρίως στα Άλιντα, ο πληθυσμός των οποίων εκτιμάται από τοπικούς φορείς ότι διπλασιάζεται αυτή την περίοδο. Μετά από προσωπική επικοινωνία με ξενοδόχους της νήσου, καθίστανται δυνατός ο υπολογισμός της αύξησης του τουριστικού πληθυσμού και ο προσδιορισμός του ποσοστού πληρότητας της ξενοδοχειακής υποδομής του νησιού ανά μήνα. Στους Πίνακες 4.8 και 4.9, διαφαίνονται τα παραπάνω ποσοστά, ενώ στο Σχήμα 4.5 παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση του πληθυσμού, που προκύπτει με βάση αυτά.

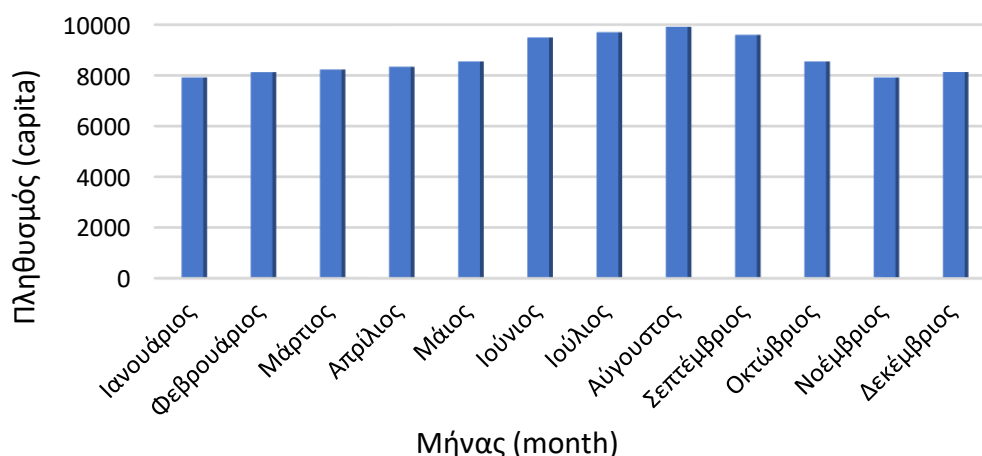
Πίνακας 4-8: Ποσοστό πληρότητας ξενοδοχειακής υποδομής ανά μήνα

Ποσοστά πληρότητας ανά Μήνα (%)	
Ιανουάριος	0
Φεβρουάριος	10
Μάρτιος	15
Απρίλιος	20
Μάιος	30
Ιούνιος	75
Ιούλιος	85
Αύγουστος	95
Σεπτέμβριος	80
Οκτώβριος	30
Νοέμβριος	0
Δεκέμβριος	10

Πίνακας 4-9: Διάρθρωση πληθυσμού της Λέρου ανά μήνα για το έτος 2011

Μήνας	Μόνιμοι	Παραθεριστές	Τουρίστες
Ιανουάριος	7917	0	0
Φεβρουάριος	7917	81	130
Μάρτιος	7917	121	195
Απρίλιος	7917	161	260
Μάιος	7917	241	390
Ιούνιος	7917	601	975
Ιούλιος	7917	681	1105
Αύγουστος	7917	761	1235
Σεπτέμβριος	7917	641	1040
Οκτώβριος	7917	241	390
Νοέμβριος	7917	0	0
Δεκέμβριος	7917	81	130

Μηνιαία Διακύμανση Πληθυσμού για το έτος 2011



Σχήμα 4-5: Μηνιαία διακύμανση πληθυσμού για το έτος 2011

Τέλος, λόγω της εξάρτησης των υδρευτικών και ενεργειακών αναγκών από τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά του νησιού, είναι σημαντικός ο προσδιορισμός των τελευταίων για τα επόμενα 40 έτη που είναι η διάρκεια ζωής του υπό μελέτη έργου. Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται με τη συντηρητική και ασφαλή θεώρηση ότι ο μέγιστος πληθυσμός, μόνιμος και εποχιακός, ακολουθεί σταθερή γεωμετρική αύξηση ανά έτος, και υπολογίζεται μέσω της αναδρομικής σχέσης 4.8 (Τσακίρης, 2010):

$$P_i = \alpha * P_{i-1} \quad (4.8)$$

Όπου $\alpha = 1 + \gamma$ (4.9), $\gamma = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_{i-1}}$ (4.10) και i το εκάστοτε έτος.

Στους Πίνακες 4.10 και 4.11 παρουσιάζονται τα στοιχεία της πληθυσμιακής αναγωγής και η αναγωγή του μέγιστου εκτιμώμενου ετήσιου πληθυσμού για τα επόμενα 40 έτη.

Πίνακας 4-10: Στοιχεία αναγωγής πληθυσμού

Αναγωγή Πληθυσμού	
P_0	8705
P_{40}	8881
α	1.00
γ	0.5%
n	40
Συνολική Αύξηση πληθυσμού (%)	2

Πίνακας 4-11: Αναγωγή εκτιμώμενου πληθυσμού για 40 έτη

A/A	Μέγιστος πληθυσμός	Συντ. Αναγωγής	A/A	Μέγιστος πληθυσμός	Συντ. Αναγωγής
1	8705	1.000	21	8792	1.010
2	8709	1.001	22	8797	1.011
3	8714	1.001	23	8801	1.011
4	8718	1.002	24	8806	1.012
5	8722	1.002	25	8810	1.012
6	8727	1.003	26	8814	1.013
7	8731	1.003	27	8819	1.013
8	8735	1.004	28	8823	1.014
9	8740	1.004	29	8828	1.014
10	8744	1.005	30	8832	1.015
11	8748	1.005	31	8836	1.015
12	8753	1.006	32	8841	1.016
13	8757	1.006	33	8845	1.016
14	8762	1.007	34	8850	1.017
15	8766	1.007	35	8854	1.017
16	8770	1.008	36	8859	1.018
17	8775	1.008	37	8863	1.018
18	8779	1.009	38	8867	1.019
19	8784	1.009	39	8872	1.019
20	8788	1.010	40	8876	1.020

4.3.2 Εκτίμηση Υδρευτικών Αναγκών

Οι ανάγκες για ύδρευση – υδροδότηση των κατοίκων της Λέρου σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση προσδιορίζονται εκτιμώντας τις ανάγκες κατανάλωσης νερού ανά κάτοικο. Η ημερήσια κατανάλωση νερού ανά άτομο θεωρείται 150 L/d/capita για τον μόνιμο πληθυσμό, 200 L/d/capita για τους παραθεριστές και 150 L/d/capita για τον τουριστικό πληθυσμό (Κουτσογιάννης, Ευστρατιάδης, 2015). Στον Πίνακα 4.12, παρουσιάζονται η εκτιμώμενες μέσες ημερήσιες και μηνιαίες καταναλώσεις σε αντιστοιχία με τον πληθυσμό, καθώς και η μηνιαία διακύμανση ημερήσιας κατανάλωσης για το έτος βάση 2011 (Σχήμα 4.6).

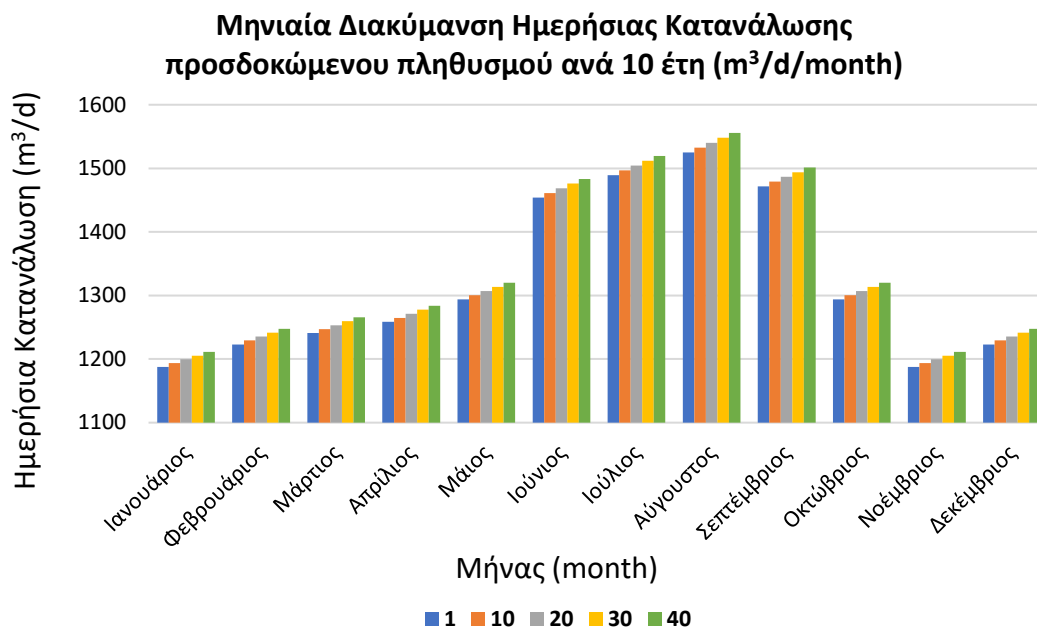
Πίνακας 4-12: Διακύμανση μέσης ημερήσιας και μηνιαίας κατανάλωσης για το έτος 2011

Μήνας	Συνολικός Πληθυσμός	Ημερήσια Ζήτηση (m ³ /d)	Μηνιαία Ζήτηση (m ³ /month)
Ιανουάριος	7917	1188	36814
Φεβρουάριος	8128	1223	34246
Μάρτιος	8233	1241	38466
Απρίλιος	8338	1259	37758
Μάιος	8548	1294	40117
Ιούνιος	9493	1454	43619
Ιούλιος	9703	1489	46174
Αύγουστος	9913	1525	47275
Σεπτέμβριος	9598	1472	44151
Οκτώβριος	8548	1294	40117
Νοέμβριος	7917	1188	35627
Δεκέμβριος	8128	1223	37915
Συνολική Ετήσια Ζήτηση (m ³ /yr)			482278

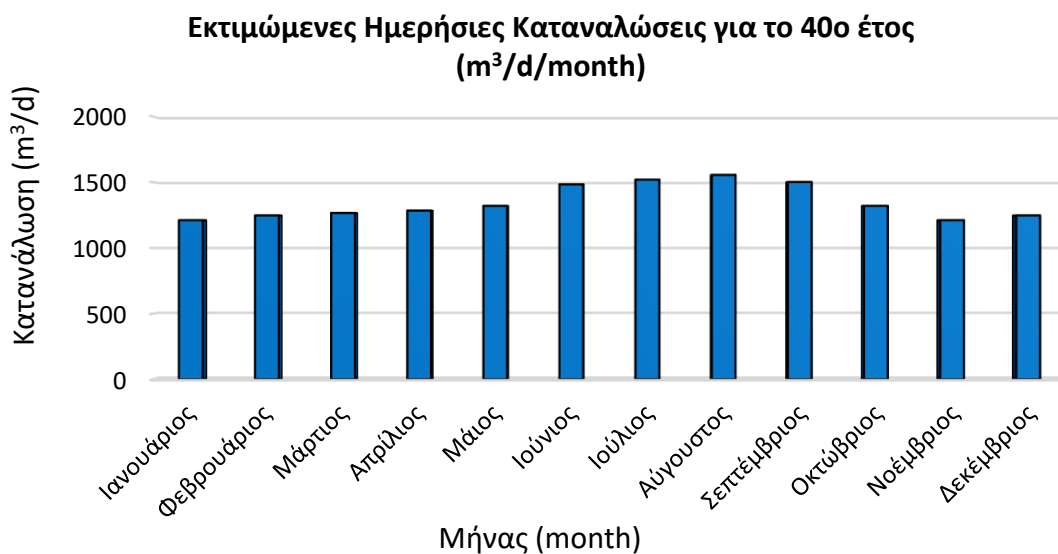


Σχήμα 4-6: Μηνιαία διακύμανση ημερήσιας κατανάλωσης (m³/d/month)

Αφού έγινε ο προσδιορισμός της υδρευτικής ζήτησης για το έτος βάσης, σειρά έχει η αναγωγή της στον αντίστοιχο πληθυσμό για τα επόμενα 40 έτη. Έτσι, προκύπτουν τα Σχήματα 4.7 και 4.8, στα οποία παρουσιάζονται η διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης ανά 20 έτη, καθώς και η μέση ημερήσια κατανάλωση για το 40ο έτος αντίστοιχα.



Σχήμα 4-7: Μηνιαία διακύμανση κατανάλωσης ενέργειας ανά 10 έτη



Σχήμα 4-8: Εκτιμώμενες ημερήσιες καταναλώσεις για το 40ο έτος

4.3.3 Εκτίμηση Ενεργειακών Αναγκών

Το νησί της Λέρου, όπως αναφέρεται στο 3ο κεφάλαιο, καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του από τους δύο σταθμούς της ΔΕΗ που βρίσκονται στην Κάλυμνο και την Κω, μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων. Οι σταθμοί αυτοί ωστόσο τροφοδοτούν με ενέργεια ένα σύμπλεγμα νησιών, με αποτέλεσμα να μη μπορεί να εξεταστεί αυτόνομα η κατανάλωση για τη Λέρου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να γίνει εκτίμηση των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία από κάποιο γειτονικό νησί. Αυτό το νησί επιλέγεται να είναι η Πάτμος, κυρίως λόγω της

ομοιότητας που παρουσιάζουν τα δύο νησιά τόσο σε κοινωνικά όσο και σε οικονομικά χαρακτηριστικά. Συνεπώς, από τα στοιχεία της Πάτμου γίνεται αναγωγή, βάσει του πληθυσμού της Πάτμου και της Λέρου. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τις μέσες ημερήσιες ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα, τις μέσες ωριαίες καταναλώσεις ανά μήνα, καθώς και τον πληθυσμό της Πάτμου για τη δεκαετία 2007 έως 2017 (Σαρρής, 2018). Από τα στοιχεία αυτά με κατάλληλη αναγωγή στον πληθυσμό της Λέρου, υπολογίζονται οι ενεργειακές ανάγκες των επόμενων 40 ετών. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι Πίνακες 4.13 και 4.14 με τις μέσες ημερήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για τη νήσο Πάτμο και τη νήσο Λέρο αντίστοιχα, για το έτος 2007 έως 2017.

Πίνακας 4-13: Δεδομένα Μέσης Ημερήσιας κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για τη νήσο Πάτμο για τα έτη 2007 - 2017

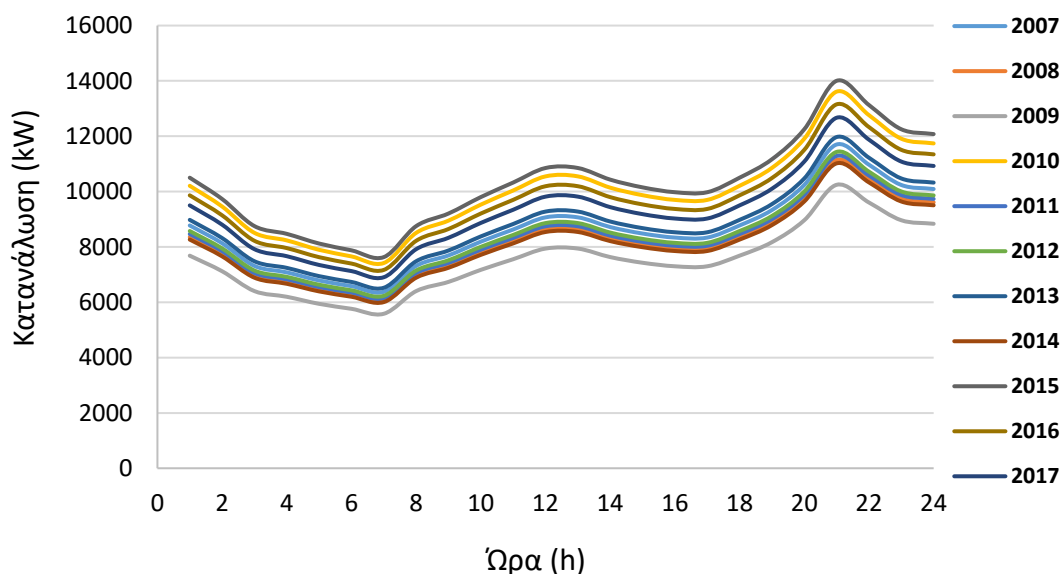
Μέση Ημερήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για τη νήσο Πάτμο (MWh/d)											
Έτος	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ΙΑΝ	39.72	36.49	36.35	37.51	39.40	44.72	43.23	36.81	42.39	40.90	44.19
ΦΕΒ	41.71	37.99	37.35	36.58	40.50	43.09	40.18	35.70	42.90	34.45	38.08
ΜΑΡ	37.45	28.37	42.21	34.63	39.63	37.89	35.70	32.94	39.35	32.73	34.36
ΑΠΡ	40.44	35.18	36.03	33.69	40.17	36.66	33.92	33.18	39.58	33.53	35.74
ΜΙΑ	37.74	33.28	34.47	37.20	38.93	37.08	40.34	33.59	38.02	36.44	35.98
ΙΟΥΝ	49.20	41.02	42.33	43.83	45.93	45.33	45.69	41.18	42.66	47.60	49.38
ΙΟΥΛ	58.64	50.09	52.35	54.16	60.18	57.63	48.49	49.88	52.72	53.73	60.68
ΑΥΓ	62.42	59.43	54.65	72.61	60.20	60.99	63.85	58.78	74.69	70.16	67.57
ΣΕΠ	40.93	41.98	41.69	43.02	44.99	44.08	45.34	40.89	50.62	44.73	52.38
ΟΚΤ	31.39	29.09	31.80	32.39	33.89	35.09	34.01	29.70	34.30	32.28	32.46
ΝΟΕ	31.65	29.20	29.75	31.76	34.40	30.54	32.74	28.70	29.51	31.58	34.54
ΔΕΚ	35.93	35.49	33.89	35.31	38.74	38.97	42.63	33.91	35.82	40.52	35.69

Πίνακας 4-14: Μέση Ημερήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Λέρου για τα έτη 2007 - 2017

Μέση Ημερήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για τη νήσο Λέρο (MWh/d)											
Έτος	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ΙΑΝ	105	96	96	99	104	118	114	97	112	108	117
ΦΕΒ	113	103	101	99	110	117	109	97	116	93	103
ΜΑΡ	103	78	116	95	109	104	98	90	108	90	94
ΑΠΡ	112	98	100	94	112	102	94	92	110	93	99
ΜΙΑ	108	95	98	106	111	106	115	96	108	104	103
ΙΟΥΝ	156	130	134	139	145	143	145	130	135	151	156
ΙΟΥΛ	190	162	169	175	195	186	157	161	171	174	196
ΑΥΓ	206	196	181	240	199	202	211	194	247	232	223
ΣΕΠ	131	134	133	138	144	141	145	131	162	143	168
ΟΚΤ	89	83	91	92	97	100	97	85	98	92	92
ΝΟΕ	84	77	79	84	91	81	86	76	78	83	91
ΔΕΚ	97	96	92	96	105	106	115	92	97	110	97

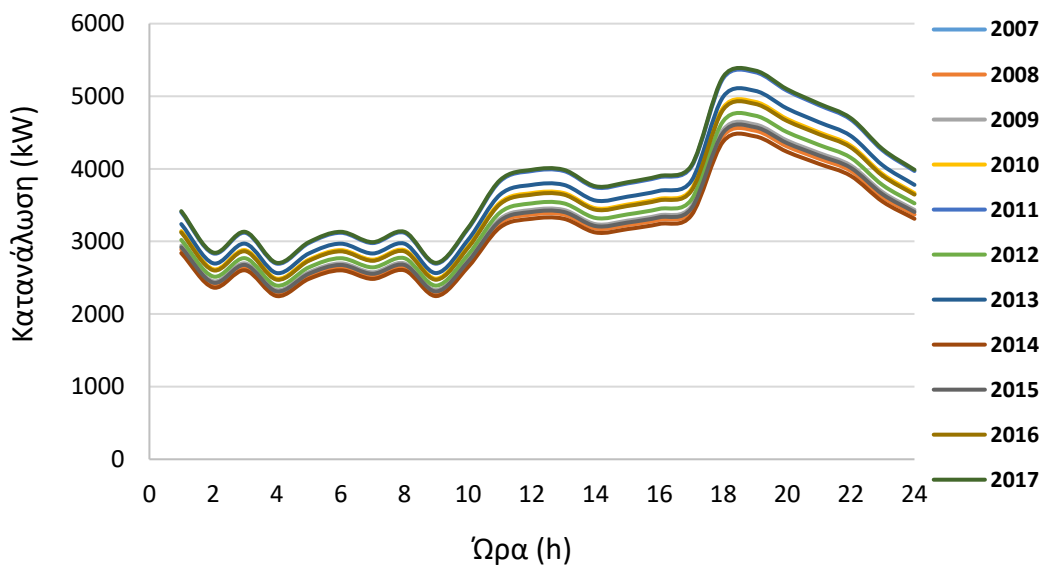
Όσον αφορά στην ωριαία διακύμανση, εκτιμάται για την Πάτμο το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κάθε ώρα ως προς τη μέση τιμή της καταναλισκόμενης ενέργειας της αντίστοιχης μέρας. Με βάση αυτά τα ποσοστά και την εφαρμογή τους στις μέσες ημερήσιες καταναλώσεις της Λέρου, προκύπτουν οι αντίστοιχες μέσες ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται στο Σχήματα 4.9 και 4.10 οι ωριαίες διακυμάνσεις για το μήνα με την υψηλότερη ηλεκτρική κατανάλωση και το μήνα με τη χαμηλότερη αντίστοιχα.

Αύγουστος



Σχήμα 4-9: Ωριαία διακύμανση ενέργειας για το μήνα Αύγουστο

Νοέμβριος



Σχήμα 4-10: Ωριαία διακύμανση ενέργειας για το μήνα Νοέμβριο

Τέλος, για πιο ακριβή εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών της Λέρου για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, ανάγεται η ιστορική χρονοσειρά στον προσδοκώμενο πληθυσμό ανά έτος, όπως ακριβώς και στις υδρευτικές ανάγκες. Προκύπτει, δηλαδή, ωριαία χρονοσειρά μήκους 40 ετών, με βάση την οποία διαστασιολογείται το υβριδικό έργο. Παρακάτω παρουσιάζονται, για το 1ο και το 40ο έτος, οι μέσες μηνιαίες και μέσες ημερήσιες ενεργειακές καταναλώσεις (Πίνακες 4.15 και 4.16) και η ημερήσια διακύμανση κατανάλωσης ανά μήνα (Σχήματα 4.11 και 4.12).

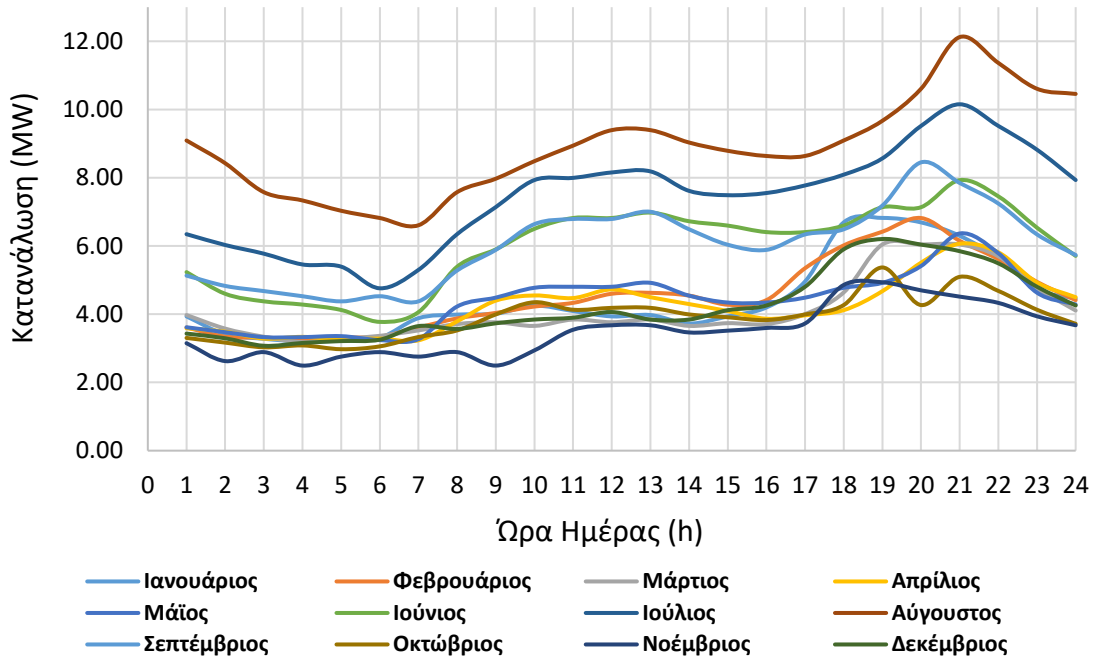
Πίνακας 4-15: Μέση Μηνιαία ζήτηση Ενέργειας για το 1ο και 40ο έτος

Μήνας	Μέση Μηνιαία Ζήτηση 1ο έτος (MWh/month)	Μέση Μηνιαία Ζήτηση 40ο έτος (MWh/month)
Ιανουάριος	3305.97	3371.05
Φεβρουάριος	3036.89	3096.67
Μάρτιος	3077.40	3137.98
Απρίλιος	3052.20	3112.29
Μάιος	3270.69	3335.08
Ιούνιος	4304.90	4389.65
Ιούλιος	5513.03	5621.57
Αύγουστος	6623.91	6754.32
Σεπτέμβριος	4346.20	4431.76
Οκτώβριος	2900.82	2957.93
Νοέμβριος	2521.12	2570.76
Δεκέμβριος	3149.22	3211.22

Πίνακας 4-16: Μέση Ημερήσια ζήτηση Ενέργειας για το 1ο και 40ο έτος

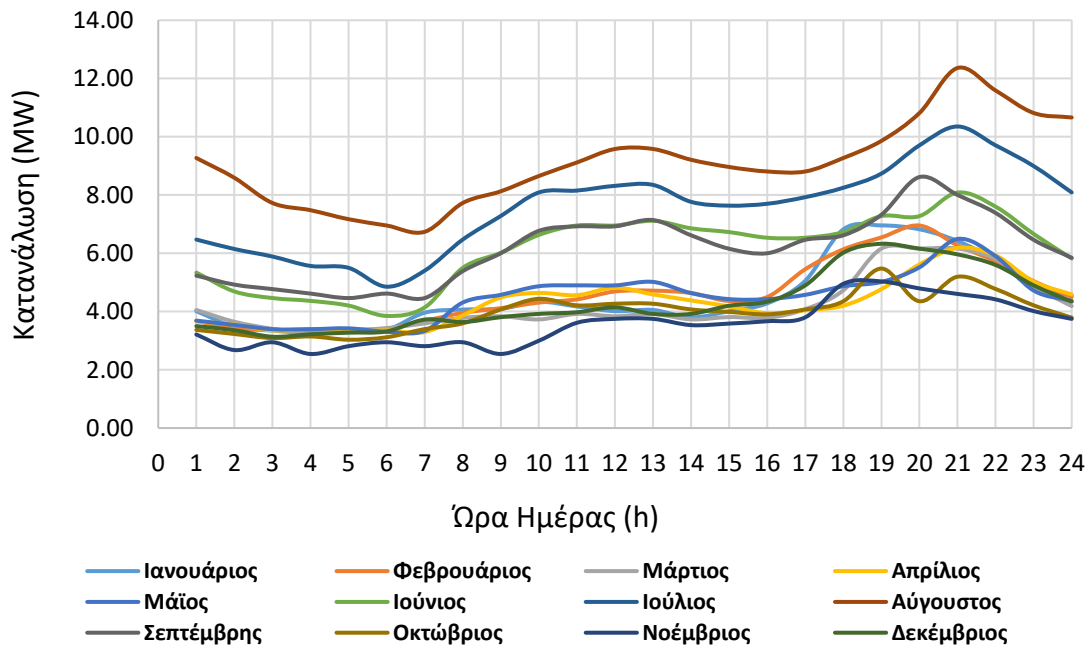
Μήνας	Μέση Ημερήσια Ζήτηση 1ο έτος (MWh/d)	Μέση Ημερήσια Ζήτηση 40ο έτος (MWh/d)
Ιανουάριος	106.64	108.74
Φεβρουάριος	108.46	110.60
Μάρτιος	99.27	101.23
Απρίλιος	101.74	103.74
Μάιος	105.51	107.58
Ιούνιος	143.50	146.32
Ιούλιος	177.84	181.34
Αύγουστος	213.67	217.88
Σεπτέμβριος	144.87	147.73
Οκτώβριος	93.57	95.42
Νοέμβριος	84.04	85.69
Δεκέμβριος	101.59	103.59

Ημερήσια Διακύμανση Κατανάλωσης ανά Μήνα 1ο Έτος



Σχήμα 4-11: Ημερήσια διακύμανση κατανάλωσης ανά μήνα για το 1ο έτος

Ημερήσια Διακύμανση Κατανάλωσης ανά Μήνα 40ο Έτος



Σχήμα 4-12: Ημερήσια διακύμανση κατανάλωσης ανά μήνα για το 40ο έτος

4.3.4 Εκτίμηση Αρδευτικών Αναγκών

Ως αρδευτικές ανάγκες ορίζεται το σύνολο των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό. Η Λέρος διαθέτει εκτός από μεγάλες αρδευτικές εκτάσεις, και ζωική παραγωγή, συνεπώς, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, το άθροισμα των αναγκών τους αποτελεί τις συνολικές αρδευτικές ανάγκες του νησιού.

4.3.4.1 Εκτίμηση Αναγκών Άρδευσης Καλλιεργειών

Για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών, εκτιμάται πρώτα η εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών του νησιού. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η Blaney – Criddle, η οποία έχει θεσμοθετηθεί με [σχετικό διάταγμα](#) από το Υπουργείο Γεωργίας το 1992, ως η πλέον ενδεδειγμένη για την εκτίμηση υδατικών αναγκών των καλλιεργειών. Βασίζεται στη μέση θερμοκρασία του αέρα και το μέσο ποσοστό ωρών ημέρας, όπου αυτά συνδέονται με την εξατμισοδιαπνοή μέσω της σχέσης 4.11:

$$ET = k_c F = k_c \frac{(1.8T+32)p}{3.94} \quad (4.11)$$

Όπου:

- ET η ημερήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm
- k_c ο εμπειρικός συντελεστής καλλιέργειας
- T η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε °C και
- p το μέσο ημερήσιο ποσοστό διάρκειας των ωρών ημέρας

Η μέση ημερήσια θερμοκρασία προκύπτει από την ιστορική χρονοσειρά, της οποίας η επεξεργασία αναλύεται στο κεφάλαιο 4.2.2. Από την άλλη, το ημερήσιο αυτό ποσοστό προσδιορίζεται για κάθε μήνα, με βάση το γεωγραφικό πλάτος του νησιού και τη μέση αστρονομική διάρκεια της ημέρας σε ώρες, οι τιμές των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.17.

Πίνακας 4-17: Μέσο ημερήσιο ποσοστό διάρκειας των ωρών ημέρας ανά μήνα

Μήνας	Διάρκεια Αστρονομικής Μέρας (h)	Μέσο ημερήσιο ποσοστό (p)
Ιανουάριος	9.82	0.41
Φεβρουάριος	10.62	0.44
Μάρτιος	11.70	0.49
Απρίλιος	12.88	0.54
Μάιος	13.88	0.58
Ιούνιος	14.36	0.60
Ιούλιος	14.16	0.59
Αύγουστος	13.38	0.56
Σεπτέμβριος	12.20	0.51
Οκτώβριος	11.12	0.46
Νοέμβριος	10.14	0.42
Δεκέμβριος	9.64	0.40

Όσον αφορά στο φυτικό συντελεστή k_c , οι πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την εκτίμηση του είναι η διάρκεια κάθε σταδίου βλάστησης, δηλαδή του αρχικού, κύριου, μέσου και τελικού, και οι αντίστοιχοι συντελεστές για το κάθε στάδιο καθώς και η ημερομηνία φύτευσης. Τα παραπάνω στοιχεία λαμβάνονται από το [FAO Irrigation and Drainage Paper No.56 Crop Evapotranspiration](#). Εξαίρεση αποτελούν τα αμπέλια, οι λεμονιές και οι πορτοκαλιές, των οποίων τα στοιχεία λαμβάνονται από τους Παναγούλια και Δήμου (2000), καθώς ανταποκρίνονται καλύτερα στα ελληνικά δεδομένα. Να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των ελαιόδεντρων, ο φυτικός συντελεστής είναι μηδενικός σε όλη τη διάρκεια του έτους, αφού δεν αποτελεί αρδευόμενο είδος καλλιέργειας. Η καλλιεργημένη γεωργική γη είναι περίπου 5.463 στρ., ενώ από αυτήν αρδεύονται μόλις τα 462. Στους Πίνακες 4.18 έως 4.21, παρουσιάζονται η διάρθρωση των καλλιεργειών ανά κατηγορία και αναλυτικά καθώς και τα παραπάνω στοιχεία που τις αφορούν για την εκτίμηση του φυτικού συντελεστή.

Πίνακας 4-18: Συνολική και αρδευόμενη έκταση ανά κατηγορία καλλιέργειας (Πηγή: Ετήσιο γεωργικό δελτίο 2008 ΕΛΣΤΑΤ)

Κατηγορίες Καλλιεργειών	Σύνολο έκτασης (στρ.)	Αρδευόμενη έκταση (στρ.)
Φυτά μεγάλης καλλιέργειας και λοιπές καλλιέργειες	2138	62
Κηπευτική γη, θερμοκήπια	241	135
Αμπέλια	115	15
Δενδρώδεις καλλιέργειες	2454	250
Αγρανάπαυση	515	0
Σύνολο Γεωργικής Γης	5463	462

Πίνακας 4-19: Εκτάσεις αρδευόμενων καλλιεργειών

Καλλιέργεια	Έκταση (στρ.)	Ποσοστό ως προς Συνολική Καλλιεργήσιμη Έκταση
Αγγούρια υπαίθρου	13	0.03
Αγκινάρες	4	0.01
Αμπέλια	18	0.04
Βίκος για σανό	2	0.00
Βρώμη με σανό	3	0.01
Ελαιόδεντρα	5	0.01
Κολοκυθάκια	5	0.01
Κουκιά	2	0.00
Κουνουπίδια	5	0.01
Κρεμμύδια ξερά	30	0.06
Κριθάρι	137	0.30
Λάχανα	13	0.03
Λεμονιές	50	0.11
Μανταρινιές	25	0.05
Μαρούλια	40	0.09
Μελιτζάνες υπαίθρου	2	0.00
Πατάτες άνοιξης	45	0.10
Σκόρδα ξερά	5	0.01
Σπανάκι	10	0.02
Τομάτες υπαίθρου	40	0.09
Φασολάκια χλωρά	8	0.02

Πίνακας 4-20: Διάρκεια κάθε σταδίου βλάστησης σε ημέρες

Καλλιέργεια	L Ini	L Dev	L Mid	L End	Plant date
Αγγούρια υπαίθρου	20	30	40	15	Ιούνιος
Αγκινάρες	40	40	250	30	Απρίλιος
Αμπέλια	30	60	40	80	Απρίλιος
Βίκος για σανό	30	60	40	80	Απρίλιος
Βρώμη με σανό	30	140	40	30	Νοέμβριος
Κολοκυθάκια	20	30	25	15	Μάιος
Κουκιά	20	30	30	10	Μάρτιος
Κουνουπίδια	35	50	40	15	Σεπτέμβριος
Κρεμμύδια ξερά	15	25	70	40	Απρίλιος
Κριθάρι	15	25	50	30	Νοέμβριος
Λάχανα	20	30	15	10	Απρίλιος
Λεμονιές	60	90	120	95	Ιανουάριος
Μανταρινιές	60	90	120	95	Ιανουάριος
Μαρούλια	20	30	15	10	Απρίλιος
Μελιτζάνες υπαίθρου	30	45	40	25	Μάιος
Πατάτες άνοιξης	30	35	50	30	Απρίλιος
Σκόρδα ξερά	15	25	70	40	Απρίλιος
Σπανάκι	20	20	15	5	Σεπτέμβριος
Τομάτες υπαίθρου	30	40	45	30	Απρίλιος
Φασολάκια χλωρά	20	30	30	10	Μάρτιος

Πίνακας 4-21: Φυτικοί συντελεστές για κάθε στάδιο βλάστησης

Καλλιέργεια	K _c Ini	K _c Dev	K _c Mid	K _c End
Αγγούρια υπαίθρου	0.50	0.75	1.00	0.90
Αγκινάρες	0.50	0.75	1.00	0.95
Αμπέλια	0.30	0.50	0.70	0.45
Βίκος για σανό	0.30	0.50	0.70	0.45
Βρώμη με σανό	0.30	0.73	1.15	0.25
Κολοκυθάκια	0.50	0.73	0.95	0.75
Κουκιά	0.50	0.78	1.05	0.90
Κουνουπίδια	0.70	0.88	1.05	0.95
Κρεμμύδια ξερά	0.70	0.88	1.05	0.75
Κριθάρι	0.00	0.00	1.10	0.15
Λάχανα	0.70	0.85	1.00	0.95
Λεμονιές	0.80	0.80	0.80	0.80
Μανταρινιές	0.75	0.75	0.75	0.75
Μαρούλια	0.70	0.85	1.00	0.95
Μελιτζάνες υπαίθρου	0.60	0.83	1.05	0.90
Πατάτες άνοιξης	0.50	0.78	1.05	0.95
Σκόρδα ξερά	0.60	0.88	1.15	0.80
Σπανάκι	0.70	0.85	1.00	0.95
Τομάτες υπαίθρου	0.60	0.88	1.15	0.90
Φασολάκια χλωρά	0.50	0.78	1.05	0.90

Με δεδομένα τα προαναφερθέντα στοιχεία, υπολογίζονται οι φυτικοί συντελεστές κάθε καλλιέργειας με τη μεγαλύτερη δυνατή διαθέσιμη ακρίβεια, που είναι δεκαήμερου, και στη συνέχεια γίνεται αναγωγή τους σε ημερήσια κλίμακα. Κατόπιν, υπολογίζεται ο σταθμισμένος ημερήσιος φυτικός συντελεστής για τη συνολική αρδευόμενη έκταση της Λέρου. Στο σημείο αυτό, υπολογίζεται μέσω της σχέσης της μεθόδου Blaney – Criddle (Σχέση 4.12), η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της συνολικής αρδευόμενης έκτασης, ενώ η τελική εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών σε mm βασίζεται στην αφαίρεση της ημερήσιας βροχόπτωσης από την υπολογισμένη εξατμισοδιαπνοή. Ο συνολικός ημερήσιος όγκος αρδευόμενου νερού σε κυβικά προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των αναγκών σε mm, με τη συνολική αρδευόμενη έκταση σε τετραγωνικά μέτρα (m²) και στη συνέχεια από τη διαίρεση του με το βαθμό απόδοσης κατά την εφαρμογή. Ο τελευταίος υπολογίζεται από τη σχέση 4.12 και τις τιμές του Πίνακα 4.22 (Παναγούλια, Δήμου, 2000).

$$E_p = E_d * E_a \quad (4.12)$$

Όπου:

- E_d ο βαθμός απόδοσης διανομής και
- E_a ο βαθμός απόδοσης άρδευσης

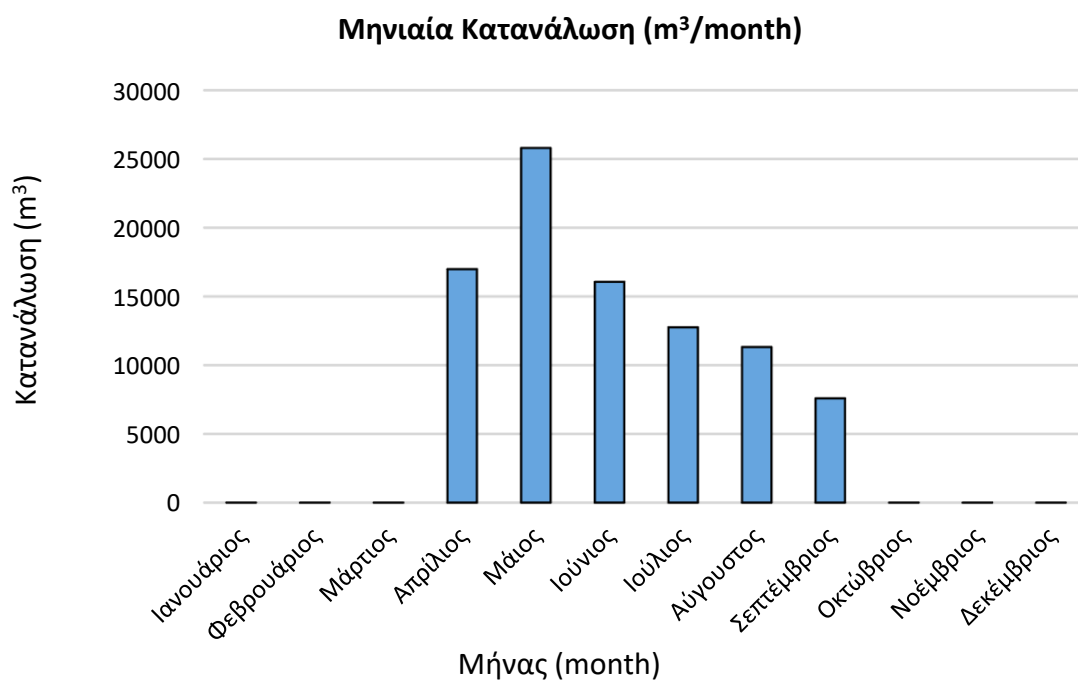
Πίνακας 4-22: Συντελεστές απόδοσης για εκτίμηση ημερήσιου όγκου αρδευόμενου νερού

Συντελεστές Απόδοσης	
Ed	0.700
Ea	0.950
Ep	0.665

Η παραπάνω διαδικασία δέχεται ως δεδομένα τη συνθετική χρονοσειρά θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής. Έτσι, προκύπτουν οι αρδευόμενες ανάγκες του νησιού για τα επόμενα 40 έτη, οι οποίες και συμπεριλαμβάνονται στην ανάπτυξη του υβριδικού μοντέλου. Τέλος, λόγω των ήπιων θερμοκρασιών που επικρατούν στο νησί της Λέρου τους περισσότερους μήνες του χρόνου, γίνεται η παραδοχή πως η εξατμισοδιαπνοή πραγματοποιείται από τον Απρίλιο έως και το Σεπτέμβριο. Με βάση τα παραπάνω, παρουσιάζονται η μέση ημερήσια και μηνιαία ζήτηση σε αρδευτικό νερό στον Πίνακα 4.23 και στο Σχήμα 4.13.

Πίνακας 4-23: Μέση μηνιαία και ημερήσια ζήτηση καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό

Μήνας	Μηνιαία Ζήτηση (m ³ /month)	Ημερήσια Ζήτηση (m ³ /d)
Ιανουάριος	0.00	0.00
Φεβρουάριος	0.00	0.00
Μάρτιος	0.00	0.00
Απρίλιος	16981.04	566.03
Μάιος	25798.61	832.21
Ιούνιος	16061.83	535.39
Ιούλιος	12750.41	411.30
Αύγουστος	11316.61	365.05
Σεπτέμβριος	7586.70	252.89
Οκτώβριος	0.00	0.00
Νοέμβριος	0.00	0.00
Δεκέμβριος	0.00	0.00



Σχήμα 4-13: Διακύμανση Μέσης Μηνιαίας κατανάλωσης σε αρδευτικό νερό καλλιεργειών

4.3.4.2 Εκτίμηση Αναγκών Άρδευσης Ζωικής Παραγωγής

Για την ακριβή εκτίμηση της κατανάλωσης των ζώων σε νερό, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το είδος των ζώων, το πλήθος τους ανά είδος, την ηλικία τους κατανομή και το ποσοστό υγρασίας του γρασιδιού (ξηρό ή χλωρό γρασίδι) (Σκρουφούτα, 2020). Ωστόσο, στην περίπτωση της Λέρου επιλέγονται συντηρητικά κριτήρια, έτσι ώστε να υπάρχει η μέγιστη δυνατή ασφάλεια στο μοντέλο. Αυτό συμβαίνει καθώς οι κλάδοι της ζωικής παραγωγής έχουν εξαιρετικό οικονομικό ενδιαφέρον για το νησί, αφού είναι ικανοί να καλύψουν τις ανάγκες, όχι μόνο της οικογενειακής κατανάλωσης, αλλά και να αποτελέσουν μια καλή πηγή εισόδων για τους κτηνοτρόφους. Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν, όπως και παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.24, η ημερήσια και ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση για κάθε είδος.

Πίνακας 4-24: Κατά κεφαλήν κατανάλωση νερού ανά είδος ζώου

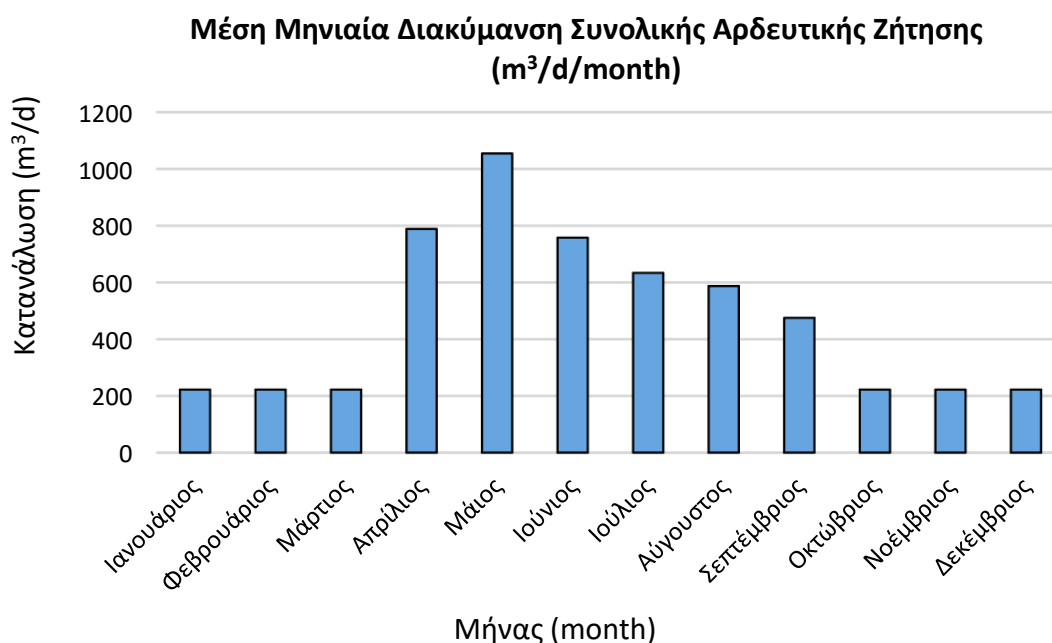
Είδος	Κατανάλωση κατά κεφαλήν (L/d)	Ετήσια Κατανάλωση κατά κεφαλήν (L/yr)
Αίγες	5	1825
Άλογα	20	7300
Βοοειδή	140	51100
Γαλοπούλες	7	2555
Κότες	5	1825
Κουνέλια	5	1825
Πάπιες	5	1825
Πρόβατα	12	4380
Χοίροι	40	14600

Με γνωστό το συνολικό διαθέσιμο δυναμικό κάθε είδους που ανήκει στη ζωική παραγωγή του νησιού, καθίσταται δυνατή η εκτίμηση των καταναλώσεων. Στον Πίνακα 4.25, παρουσιάζονται η συνολική ημερήσια και ετήσια κατανάλωση για κάθε είδος ξεχωριστά, αλλά και για το σύνολο τους.

Πίνακας 4-25: Συνολική Ημερήσια και Ετήσια Κατανάλωση νερού ανά είδος ζώου

Είδος	Πλήθος	Ημερήσια Συνολική Κατανάλωση (m ³ /d)	Ετήσια Συνολική Κατανάλωση (m ³ /yr)
Αίγες	6950	34.75	12683.75
Άλογα	56	1.12	408.80
Βοοειδή	320	44.8	16352.00
Γαλοπούλες	140	0.98	357.70
Κότες	16000	80	29200.00
Κουνέλια	100	0.5	182.50
Πάπιες	80	0.4	146.00
Πρόβατα	2150	25.8	9417.00
Χοίροι	850	34	12410.00
Σύνολο	26646	222.35	81157.75

Τελικά, οι συνολικές αρδευόμενες ανάγκες της Λέρου προκύπτουν από το άθροισμα της ημερήσιας ζήτησης των καλλιεργειών για τα επόμενα 40 έτη και της σταθερής ημερήσιας ζήτησης της ζωικής παραγωγής σε νερό. Στο Σχήμα 4.14 παρουσιάζεται η εκτιμώμενη μέση μηνιαία διακύμανση για τη διάρκεια ζωής του έργου.



Σχήμα 4-14: Μέση μηνιαία διακύμανση συνολικής αρδευτικής ζήτησης

4.4 Εκτίμηση Παραγόμενης Ενέργειας

4.4.1 Εκτίμηση Παραγόμενης Ενέργειας από Ανεμογεννήτριες

Η Λέρου διαθέτει αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 4.2 MW, το οποίο αποτελείται από 7 ανεμογεννήτριες τύπου AN BONUS MK4 ισχύος 600 kW η κάθε μία. Συνεπώς, η εκτίμηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με βάση τις ήδη εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες.

Με γνωστά το υψόμετρο του του μετεωρολογικού σταθμού, από όπου έγιναν οι μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου, και το υψόμετρο του ρότορα των ανεμογεννητριών, λαμβάνει χώρα η υψομετρική διόρθωση της συνθετικής χρονοσειράς ανεμολογικών δεδομένων, με τη σχέση 4.13:

$$u_2 = u_1 \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)} \quad (4.13)$$

Όπου:

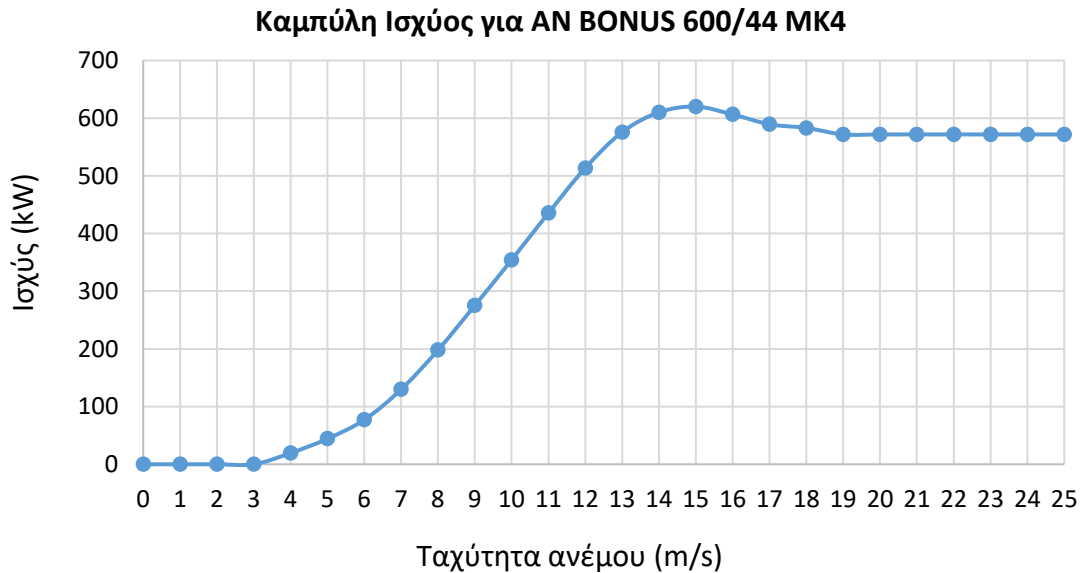
- u_2 η διορθωμένη ταχύτητα του ανέμου σε υψόμετρο $z_2 = 200 \text{ m}$, που αντιστοιχεί στο υψόμετρο του ρότορα των ανεμογεννητριών
- u_1 η ταχύτητα από τη συνθετική χρονοσειρά που αναφέρεται αντίστοιχα στο υψόμετρο του σταθμού που έγιναν οι μετρήσεις $z_1 = 1,5 \text{ m}$ και
- z_0 η παράμετρος τραχύτητας του εδάφους, οι τιμές της οποίας μεταβάλλονται σύμφωνα με τον Πίνακα 4.26. Στη συγκεκριμένη περίπτωση μας θεωρείται ίση με 0,15, καθώς στη θέση των ανεμογεννητριών η χλόη είναι χαμηλή με το ύψος της να μη ξεπερνάει τα 10 cm.

Πίνακας 4-26: Τυπικές τιμές της παραμέτρου z_0

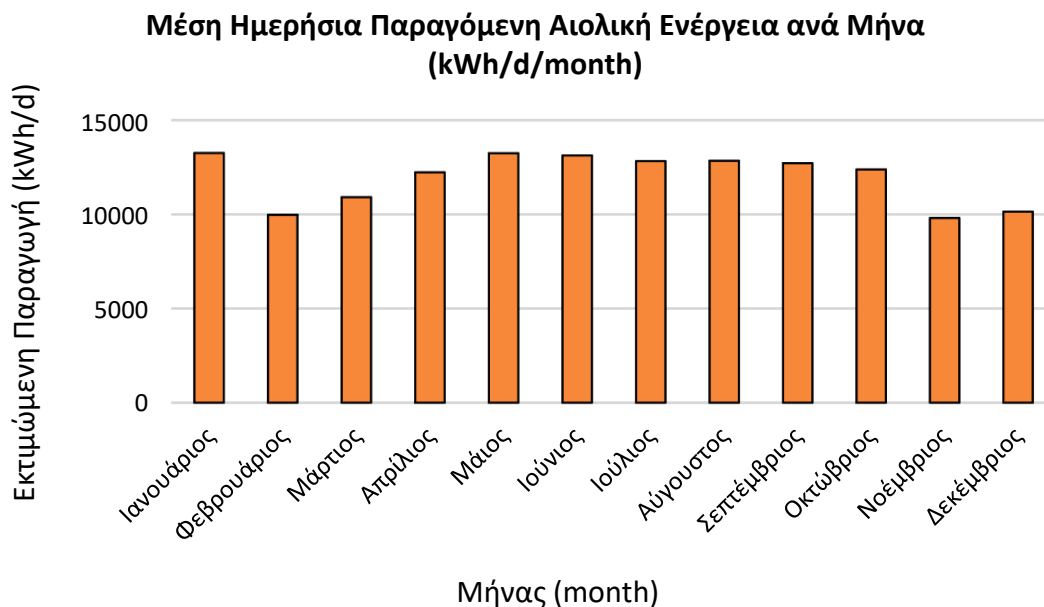
Τυπικές τιμές της παραμέτρου τραχύτητας z_0 για διάφορες φυσικές επιφάνειες (cm)	
Πάγος	0.001
Ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια	0.002
Υδάτινη επιφάνεια	0.01-0.06
Χλόη ύψους μέχρι 1 cm	0.1
Χλόη ύψους 1-10 cm	0.1-0.2
Χλόη-σιτηρά κλπ. ύψους 10-50 cm	2-5
Φυτοκάλυψη ύψους 1-2 m	20
Δένδρα ύψους 1-2 m	40-70

Κατόπιν, χρησιμοποιώντας τις παραπάνω ταχύτητες και την καμπύλη ισχύος για τις εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες, προκύπτει η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για μια ανεμογεννήτρια. Τέλος, αφού η τελευταία πολλαπλασιαστεί με το πλήθος των ανεμογεννητριών, υπολογίζεται η τελική ωριαία χρονοσειρά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μήκους 40 ετών από το αιολικό πάρκο της Λέρου, η οποία και

πρέπει να κατανεμηθεί βέλτιστα μεταξύ της μονάδας αφαλάτωσης και του αντλιοστασίου που υπάρχουν στο υπό μελέτη υβριδικό έργο. Στα Σχήματα 4.15 και 4.16, παρουσιάζονται η καμπύλη ισχύος της εγκατεστημένης Α/Γ και η μέση μηνιαία διακύμανση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του αιολικού πάρκου.



Σχήμα 4-15: Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας AN BONUS 600 kW



Σχήμα 4-16: Μέση ημερήσια παραγόμενη αιολική ενέργεια ανά μήνα

4.4.2 Εκτίμηση Παραγόμενης Ενέργειας από Υδροηλεκτρικό Έργο

Το υδροηλεκτρικό έργο, που έχει ερευνηθεί στην παρούσα μελέτη, αποτελείται από έναν ταμιευτήρα θαλασσινού νερού σε ύψος 170 m στο βορειοδυτικό τμήμα της

Λέρου, έναν αντλητικό σταθμό που συντελείται από δύο αντλίες ισχύος 1000 kW η κάθε μία, οι οποίες βρίσκονται στο ύψος της θάλασσας για άντληση θαλασσινού νερού σε ύψος 120 m και έναν υδροηλεκτρικό σταθμό παροχής 5 m³/s σε ύψος 70 m πάνω από το υψόμετρο της θάλασσας.

Όσον αφορά στον ταμιευτήρα θαλασσινού νερού, τόσο το υψόμετρο του, όσο και η χωρητικότητα του αποτελούν βασικούς παράγοντες για την ικανότητα του υβριδικού έργου να αποθηκεύει ενέργεια. Αυτό συμβαίνει αφού είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την ποσότητα της δυναμικής ενέργειας, που είναι αποθηκευμένη, και με την ηλεκτρική ενέργεια που τελικά μπορεί να παράγει το ΥΗΕ. Για το λόγο αυτό, επιλέγεται η θέση του ταμιευτήρα, να είναι σε μεγάλο υψόμετρο και η χωρητικότητα του να φτάνει μέχρι και τα 780000 m³, ώστε να καλύπτει όσο το δυνατόν περισσότερο τις αιχμές της ενεργειακής ζήτησης. Παράλληλα, η τοποθεσία του ταμιευτήρα επιλέγεται να είναι σε περιοχή που να μην αποτελεί Ζώνη Ειδικής Προστασίας (Ανανιάδου Τζημοπούλου, Τσιούρης, 2009).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικό έργο γίνεται μέσω των υδροστρόβιλων, οι οποίοι μετατρέπουν την ενέργεια του νερού, που πέφτει από ύψος 120 m, σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα. Η ισχύς που αποδίδει ένας υδροστρόβιλος υπολογίζεται από τη σχέση 4.14:

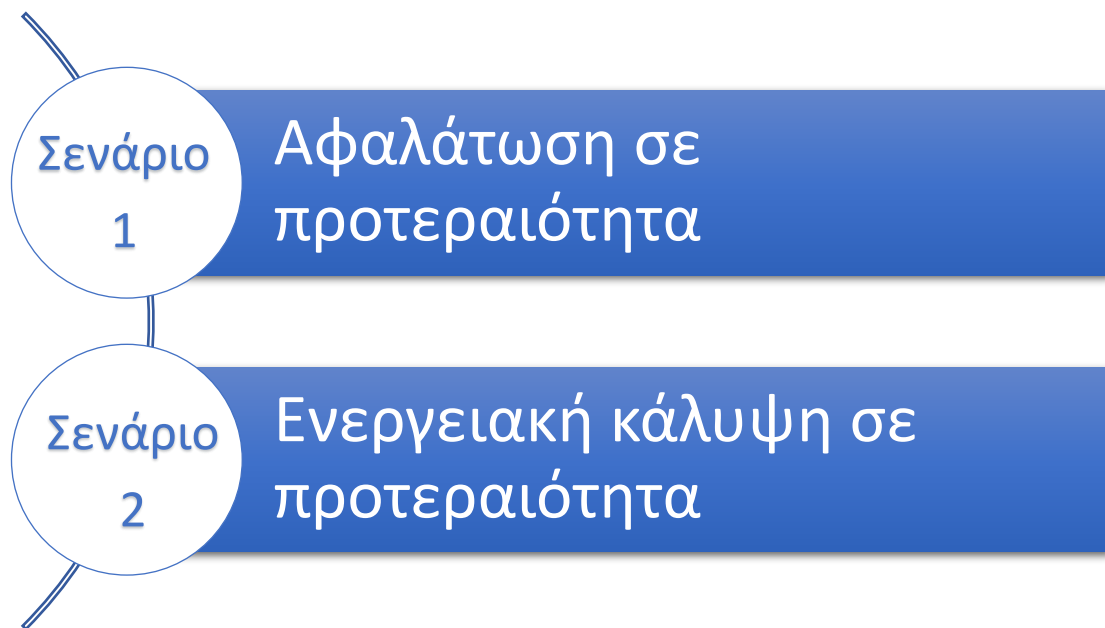
$$I = g * Q * H_{man} * n_t \quad (4.14)$$

όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας και ίση με 9,81 m/s², Q η παροχή στον αγωγό πτώσης (m³/s), H_{man} το μανομετρικό ύψος (m) και n_t ο συντελεστής απόδοσης του υδροστρόβιλου που αγγίζει το 85%.

Τέλος, η υδροηλεκτρική ενεργειακή χρονοσειρά είναι ωριαίου βήματος και εξαρτάται από την προσομοίωση του υβριδικού μοντέλου σε κάθε σενάριο, όπου και αναλύεται στο 5ο κεφάλαιο.

4.5 Προσομοίωση

Για το υπό μελέτη ΥΣ με αφαλάτωση, προσομοιώνονται και εξετάζονται δύο διαφορετικά σενάρια λειτουργίας. Το πρώτο διαμορφώνεται με στόχο την επίτευξη, όσο το δυνατόν, μεγαλύτερου βαθμού αξιοπιστίας του ως προς την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, ενώ το δεύτερο ως προς την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης.



Σχήμα 4-17: Σενάρια προσομοίωσης

Κοινό στοιχείο αμφότερων των σεναρίων είναι πως το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, ενώ το υπόλοιπο 70% σε χρήσεις, όπως η άντληση και η αφαλάτωση, ανάλογα με το εκάστοτε σενάριο μελέτης. Επιπλέον, και στα δύο σενάρια, το νησί τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια, μέσω υποβρυχίων καλωδίων από τον ΤΣΠ της Κω, μόνο σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από τις ΑΠΕ που περιλαμβάνει το ΥΣ.

Τα παραπάνω σενάρια εξετάζονται για δύο διαφορετικές διάρκειες ζωής του έργου. Το πρώτο έχει διάρκεια ζωής 40 έτη, ενώ το δεύτερο έχει 20 έτη. Αυτό συμβαίνει ώστε η δεύτερη προσομοίωση να ικανοποιεί τα κριτήρια για χρηματοδότηση από το Ταμείο Καινοτομίας – Innovation Fund 2020 και να αποτελέσει, ίσως, και μια σοβαρή πρόταση προς εφαρμογή.

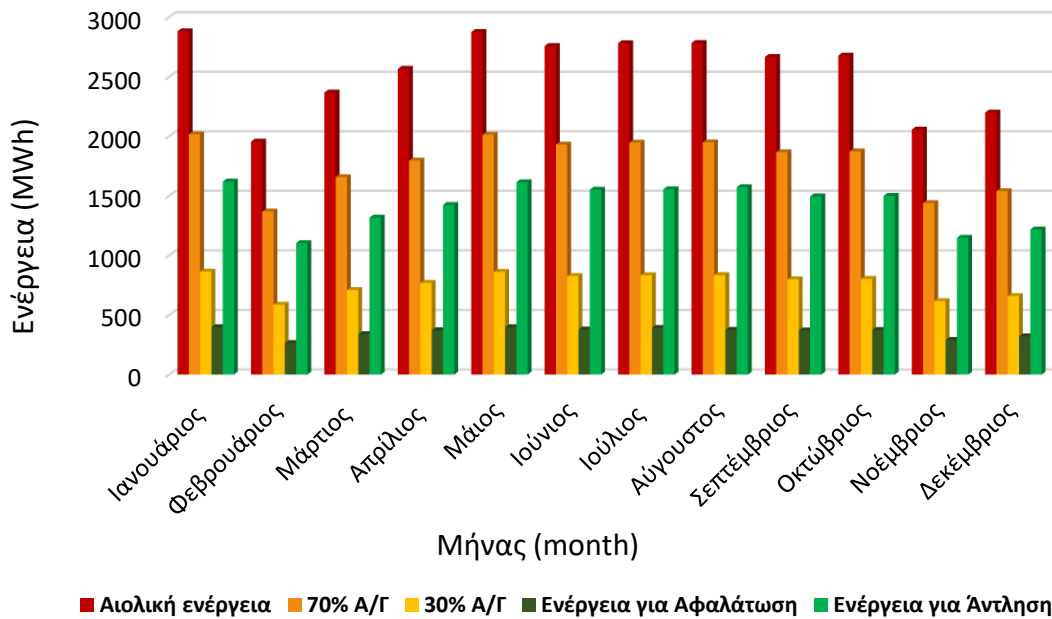
Το μοντέλο προσομοίωσης του ΥΣ πραγματοποιείται με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 365, το οποίο δέχεται ως δεδομένα:

- Τις ωριαίες χρονοσειρές ενεργειακής ζήτησης.
- Τις ωριαίες χρονοσειρές υδρευτικής και αρδευτικής ζήτησης.
- Τις ωριαίες χρονοσειρές παραγωγής ενέργειας από το αιολικό πάρκο.
- Τα χαρακτηριστικά του υδροηλεκτρικού έργου, δηλαδή ισχύς υδροστρόβιλου και μανομετρικό ύψος ταμιευτήρα θαλασσινού νερού, όπως και η χωρητικότητα, η μέγιστη και η ελάχιστη στάθμη του τελευταίου.
- Τα χαρακτηριστικά των μονάδων αφαλάτωσης, δηλαδή ισχύς μονάδας, παραγωγή αφαλατωμένου νερού και χωρητικότητα του αντίστοιχου ταμιευτήρα.

Οι ωριαίες χρονοσειρές που εισάγονται στο μοντέλο είναι μήκους 40 ή 20 ετών αντίστοιχα, ανάλογα με το σενάριο που προσομοιώνεται, και βάσει αυτών προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα εξόδου:

- Η ωριαία χρονοσειρά ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το υδροηλεκτρικό έργο.
- Η ωριαία χρονοσειρά ηλεκτρικής ενέργειας, που παράγεται συνολικά από τις ΑΠΕ του υβριδικού έργου.
- Η ωριαία χρονοσειρά προσφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο από το υβριδικό έργο.
- Η ωριαία χρονοσειρά του ελλείμματος ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η ωριαία χρονοσειρά παραγόμενης ποσότητας υδρευτικού και αρδευτικού νερού.
- Η ωριαία χρονοσειρά ελλείμματος υδρευτικού και αρδευτικού νερού.
- Η ωριαία χρονοσειρά της μέγιστης και ελάχιστης στάθμης των δεξαμενών.
- Η αξιοπιστία της ύδρευσης και άρδευσης του υβριδικού συστήματος για κάθε έτος και μήνα.
- Το ποσοστό κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από κάθε μορφή παραγωγής ενέργειας του ΥΣ για κάθε έτος και μήνα, και τέλος,
- Η ετήσια χρονοσειρά συνολικών εσόδων και εξόδων του συστήματος για το ρεύμα και το νερό.

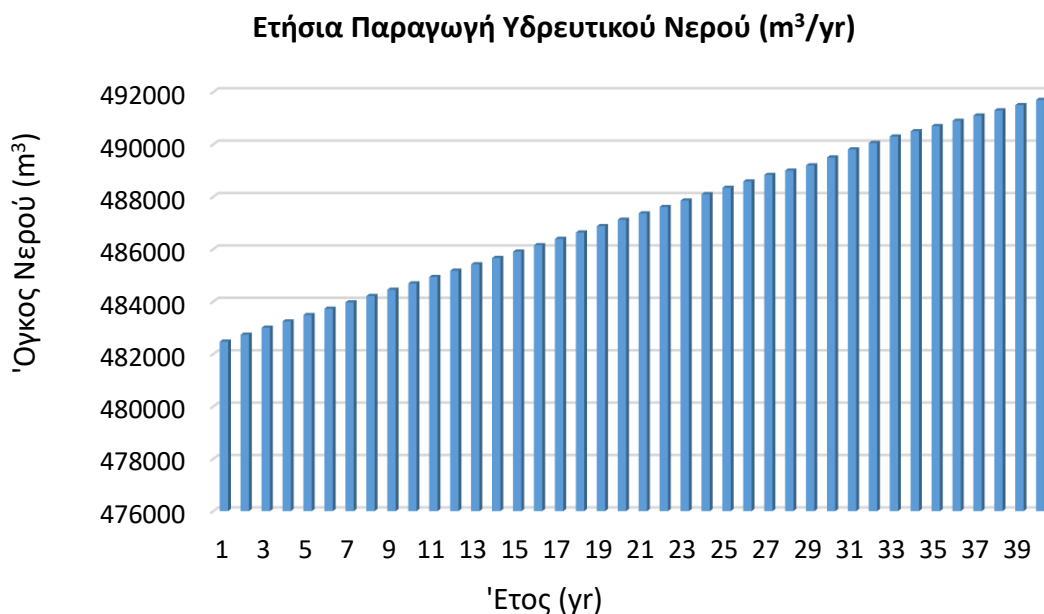
Διαχείριση Παραγόμενης Αιολικής Ενέργειας



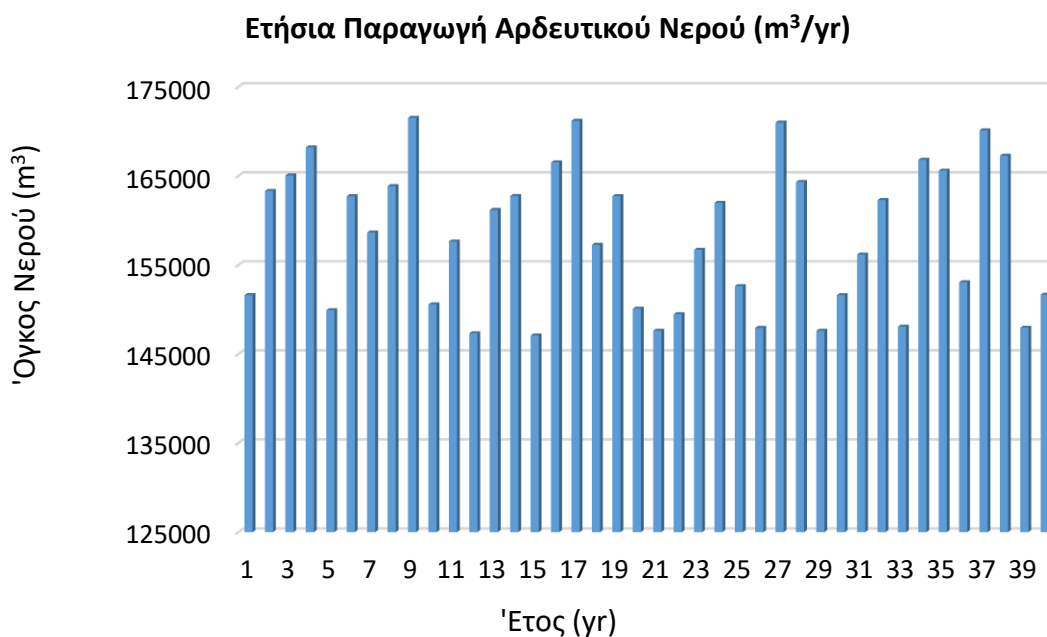
Σχήμα 5-2: Διαχείριση παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Κύρια προτεραιότητα του Συστήματος στο παρόν σενάριο είναι η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. Για το λόγο αυτό τίθεται σε προτεραιότητα η ενεργειακή κάλυψη της μονάδας αφαλάτωσης, ώστε να παράγεται, όσο το δυνατόν, το απαιτούμενο πόσιμο νερό. Ωστόσο, η κάλυψη της ύδρευσης εξαρτάται και από τον όγκο αφαλατωμένου νερού στον ταμιευτήρα. Συνεπώς, για την εξασφάλιση μεγαλύτερης αξιοπιστίας στην κάλυψη της ύδρευσης ορίζεται πως δεσμεύονται σταθερά 25000 m³ για τη διάθεση αποκλειστικά για την ύδρευση. Τέλος, σε περίπτωση που το σύστημα δεν δύναται να καλύψει τις υδρευτικές ή αρδευτικές ανάγκες του νησιού, τότε το έλλειμμα καλύπτεται από υδροφόρα πλοία. Αντίστοιχα, όταν δεν καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες, τότε το νησί δέχεται ηλεκτρική ενέργεια από τις συμβατικές μονάδες παραγωγής της Κω και της Καλύμνου μέσω υποβρυχίων καλωδίων.

Αρχικά, εξετάζεται η απόκριση του ΥΣ στην κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών. Στα Σχήματα 5.3 και 5.4, παρουσιάζονται οι συνολικοί παραγόμενοι υδρευτικοί και αρδευτικοί όγκοι ανά έτος, μεταξύ των οποίων εμφανίζονται μεγάλες διαφορές. Στην περίπτωση της ύδρευσης, η σχεδόν σταθερά αυξανόμενη παραγωγή νερού οφείλεται στη σταθερή γεωμετρική αύξηση του πληθυσμού. Από την άλλη, η ετησίως εναλασσόμενη παραγωγή αρδευτικού νερού εξηγείται από το γεγονός, πως η ζήτηση αρδευτικού νερού είναι συνάρτηση της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας που αποτελούν φυσικές διεργασίες, που διέπονται από στοχαστικότητα.



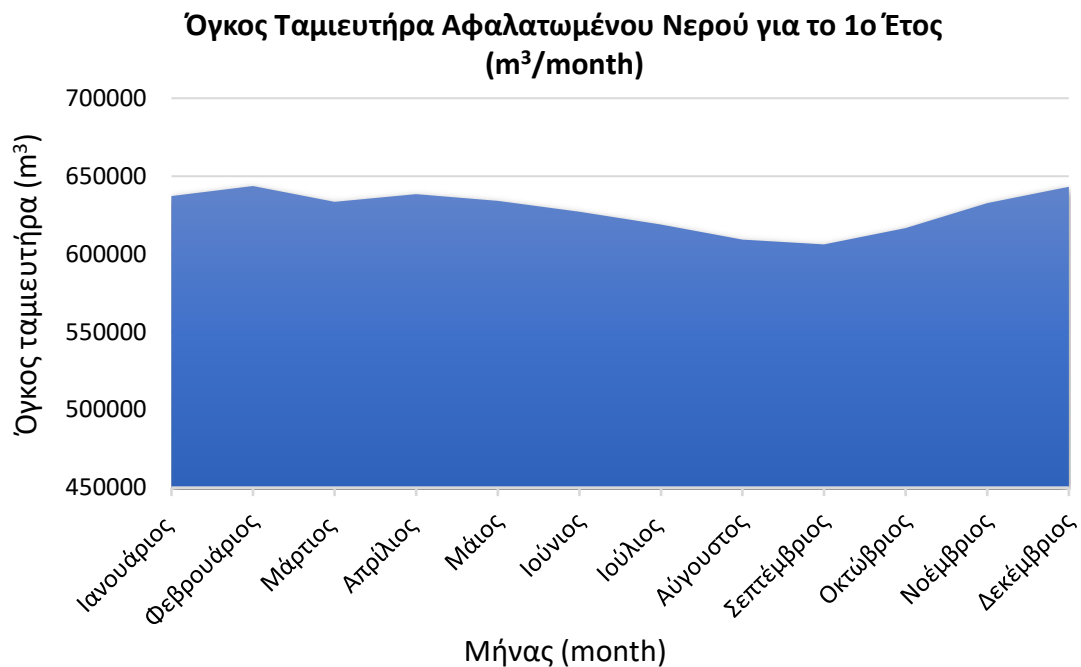
Σχήμα 5-3: Ετήσια παραγωγή υδρευτικού νερού



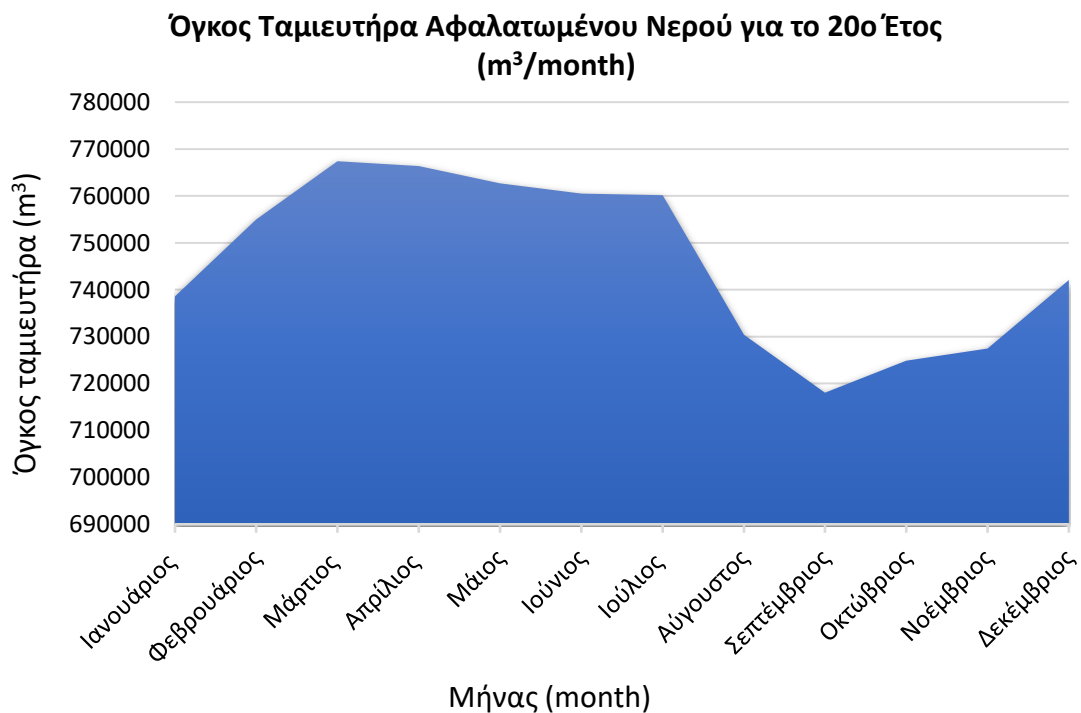
Σχήμα 5-4: Ετήσια παραγωγή αρδευτικού νερού

Ο παραπάνω παραγόμενος όγκος αφαλατωμένου νερού αντλείται και αποθηκεύεται στο υπάρχον φράγμα του νησιού, απ' όπου ύστερα διατίθεται για κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης. Στα Σχήματα 5.5, 5.6 και 5.7, φαίνεται η μέση μηνιαία μεταβολή του όγκου του ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού στο 1ο, στο 20ο και στο 40ο έτος αντίστοιχα. Αξιοσημείωτη είναι η μείωση του όγκου του ταμιευτήρα, κατά τους μήνες Απρίλιο με Σεπτέμβριο. Στην περίοδο αυτή, πραγματοποιείται το φαινόμενο της εξαμισοδιαπνοής αυξάνοντας τις αρδευτικές ανάγκες, ενώ παράλληλα τους θερινούς μήνες που συμπίπτουν με την τουριστική περίοδο,

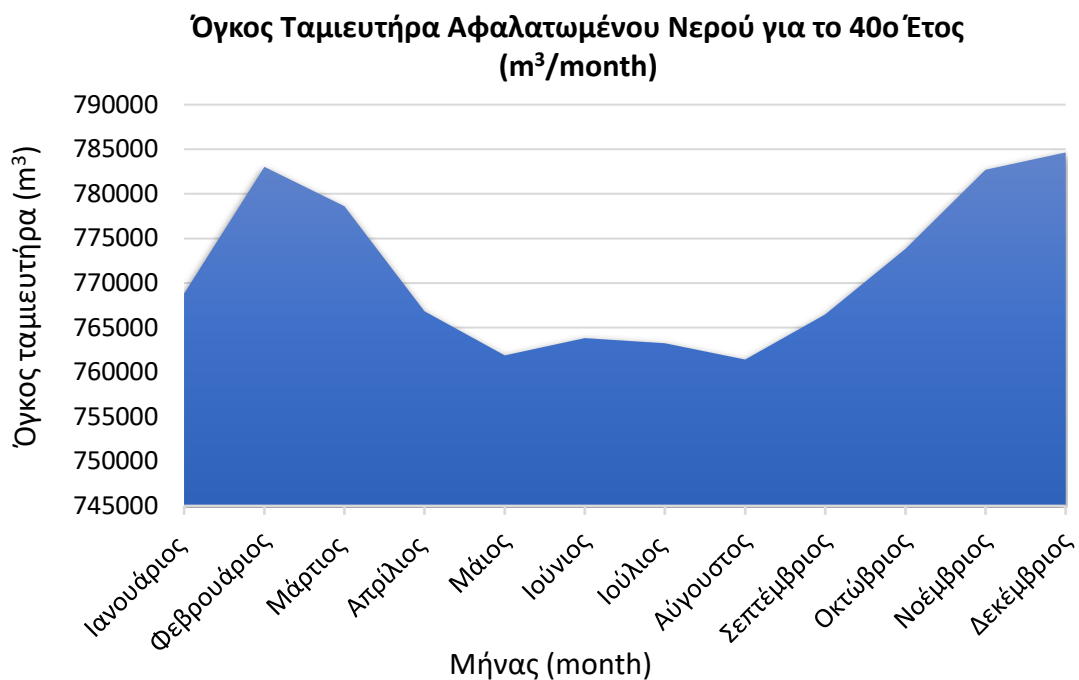
αυξάνονται και οι υδρευτικές ανάγκες. Επιπλέον, στο 20ο έτος παρατηρείται αύξηση του μεγίστου όγκου του ταμιευτήρα, σε σχέση με το 1ο έτος. Αυτό συμβαίνει διότι στην αρχή λειτουργίας του ΥΣ, ο ταμιευτήρας δεν είναι γεμάτος και επιπρόσθετα η παραγωγή του αφαλατωμένου νερού τους χειμερινούς μήνες είναι μεγαλύτερη από τις ανάγκες του νησιού, με αποτέλεσμα να γεμίζει ο ταμιευτήρας.



Σχήμα 5-5: Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού - 1ο έτος

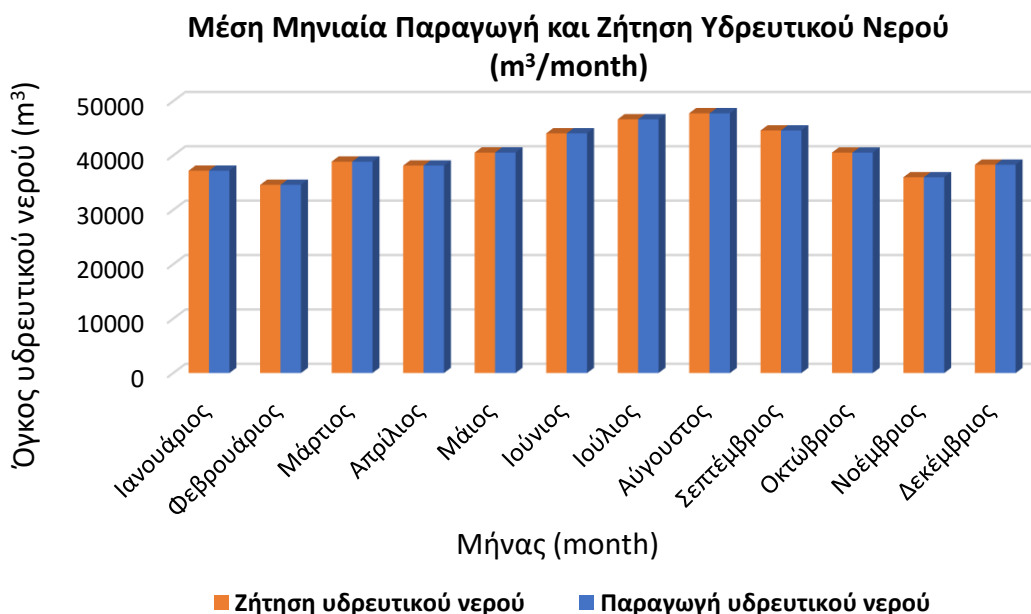


Σχήμα 5-6: Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού - 20ο έτος

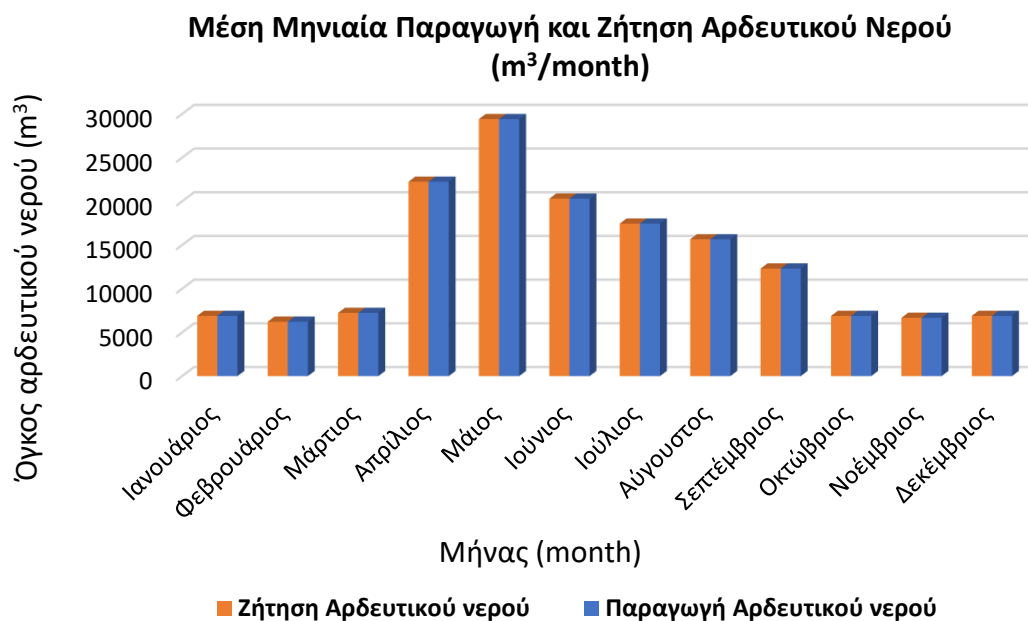


Σχήμα 5-7: Όγκος ταμιευτήρα αφαιλατωμένου νερού - 40ο έτος

Όπως παρατηρείται, ο όγκος του ταμιευτήρα είναι αισθητά μεγαλύτερος από το ύμηση της χωρητικότητας του, γεγονός που προμηνύει την υψηλή αξιοπιστία του συστήματος στην κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών. Στα Σχήματα 5.8 και 5.9, παρουσιάζεται η μέση μηνιαία παραγωγή υδρευτικού και αρδευτικού νερού, σε σχέση με την αντίστοιχη μέση μηνιαία ζήτηση τους, και τελικά στο Σχήμα 5.10, το συνολικό ποσοστό κάλυψης της ύδρευσης και άρδευσης.



Σχήμα 5-8: Μέση μηνιαία παραγωγή και ζήτηση υδρευτικού νερού



Σχήμα 5-9: Μέση μηνιαία παραγωγή και ζήτηση αρδευτικού νερού



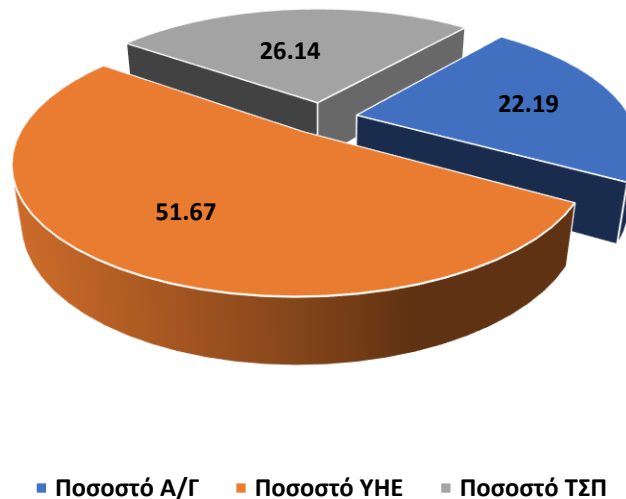
Σχήμα 5-10: Κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών

Συνεπώς, καθιστάται σαφές πως το σενάριο 1 είναι αντάξιο των προσδοκιών του όσον αφορά στην ύδρευση, αφού προτεραιότητα της παρούσας λειτουργίας είναι η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών του νησιού και επιτυγχάνει αξιοπιστία σχεδόν 100%. Η υψηλή αξιοπιστία αυτή εξηγείται από το μεγάλο όγκο του ταμειυτήρα ασφαλατωμένου νερού, σε συνδυασμό με την παραγωγή της απαραίτητης ενέργειας για τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης.

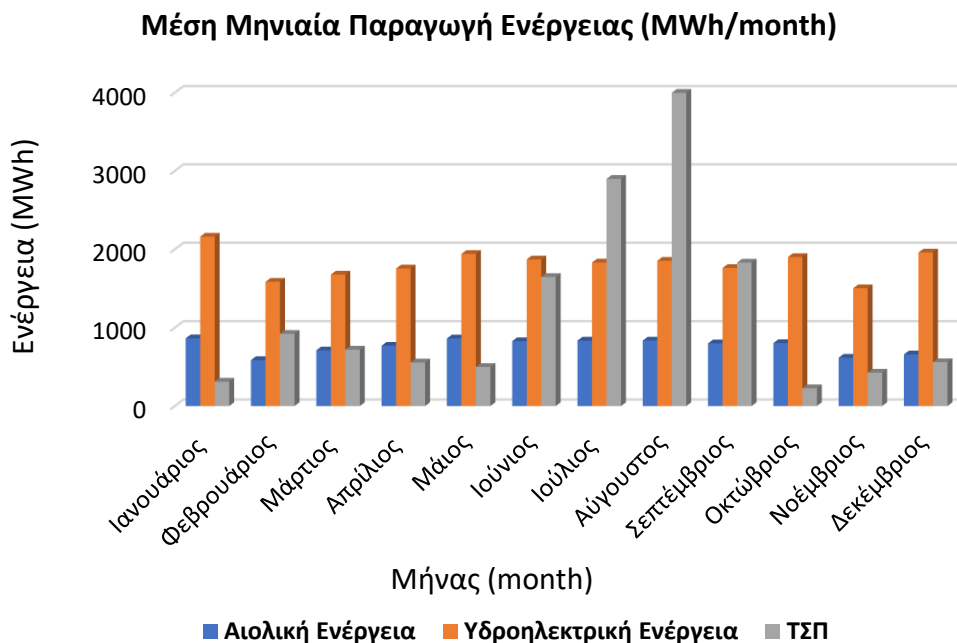
Συγκεκριμένα, όσον αφορά στην απόκριση του συστήματος ως προς την ενέργεια, στο Σχήμα 5.11 παρουσιάζεται το ποσοστό κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης συνολικά για τη διάρκεια ζωής του έργου, από κάθε μορφή παραγωγής ενέργειας. Η

συνολική ετήσια παραγωγή ενέργειας κυμαίνεται σταθερά πάνω από τις 28000 MWh και η μέγιστη ετήσια παραγωγή ανέρχεται στις 35000 MWh, ενώ η μέγιστη ετήσια ζήτηση ενέργειας στις 46000 MWh. Στο Σχήμα 5.12, παρουσιάζεται η μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μορφή ενέργειας.

Ποσοστό Κάλυψης Ενεργειακών Αναγκών (%)



Σχήμα 5-11: Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών ανά μορφή ενέργειας



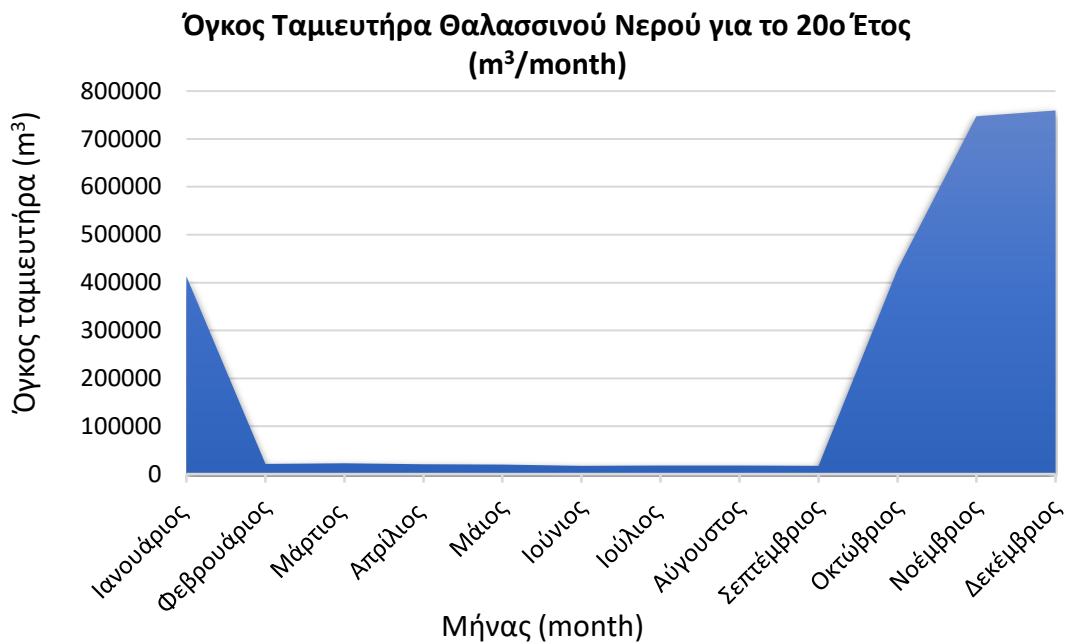
Σχήμα 5-12: Μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μορφή

Το υψηλό ποσοστό κάλυψης της ενέργειας, από τις ΑΠΕ του συστήματος και ιδιαίτερα από το ΥΗΕ, εξηγείται από το υψηλό αιολικό δυναμικό που διαθέτει η

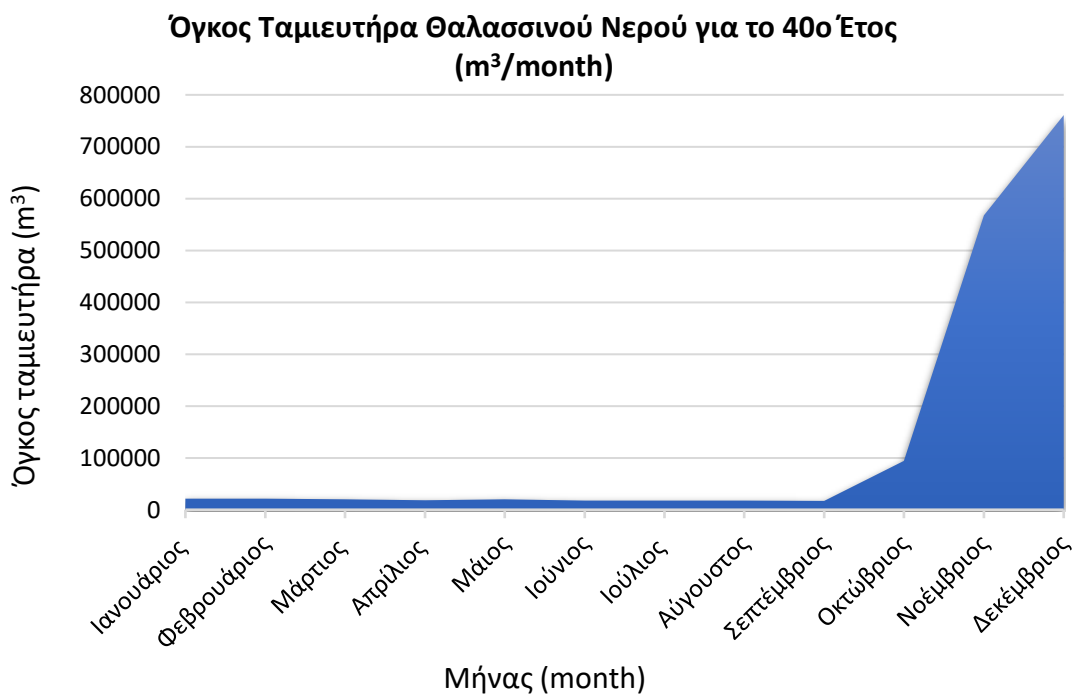
Λέρος, το οποίο συνεπάγεται αυξημένη παραγωγή αιολικής ενέργειας για άντληση θαλασσινού νερού προς τον αντίστοιχο ταμιευτήρα. Επιπρόσθετα, η υψηλή παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια εξαρτάται από τη μεγάλη χωρητικότητα του ταμιευτήρα, καθώς και από το μεγάλο υψόμετρο του. Τόσο η άντληση μεγάλου όγκου θαλασσινού νερού, όσο και η μεγάλη χωρητικότητα του ταμιευτήρα καθιστούν το ΥΗΕ αρκετά αξιόπιστη μορφή παραγωγής ενέργειας για το σύστημα, ενώ το μεγάλο υψόμετρο συμβάλει στην υψηλή ισχύ του. Η κατακόρυφη, σχεδόν, αύξηση της συμμετοχής της συμβατικής μονάδας της Κω τους θερινούς μήνες, εμφανίζεται εξαιτίας της υψηλής επισκεψιμότητας στο νησί, την οποία εμφανίζεται το ΥΗΕ ανίκανο να καλύψει. Στα Σχήματα 5.13, 5.14 και 5.15, παρουσιάζεται η μέση μηνιαία μεταβολή του όγκου του ταμιευτήρα θαλασσινού νερού στο 1ο, στο 20ο και στο 40ο έτος, στα οποία χαρακτηριστικό αποτελεί η ομοιότητα της μεταβολής του όγκου. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μια σημαντική μείωση στον όγκο του ταμιευτήρα, κατά τους μήνες Μάρτιο με Σεπτέμβριο. Αυτή οφείλεται στην αυξημένη ενεργειακή ζήτηση την περίοδο αυτή, την οποία έρχεται να καλύψει το ΥΗΕ, απελευθερώνοντας όγκο νερού στον υδροστρόβιλο για παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας. Ο σταθερός ελάχιστος όγκος του ταμιευτήρα αποτελεί το νεκρό του όγκο. Παράλληλα, διαπιστώνεται πως η μείωση αυτή μεγαλώνει ανά 20ετία, γεγονός που οφείλεται στη σταθερή ετήσια γεωμετρική αύξηση του πληθυσμού.



Σχήμα 5-13: Όγκος ταμιευτήρα θαλασσινού νερού - 1ο έτος



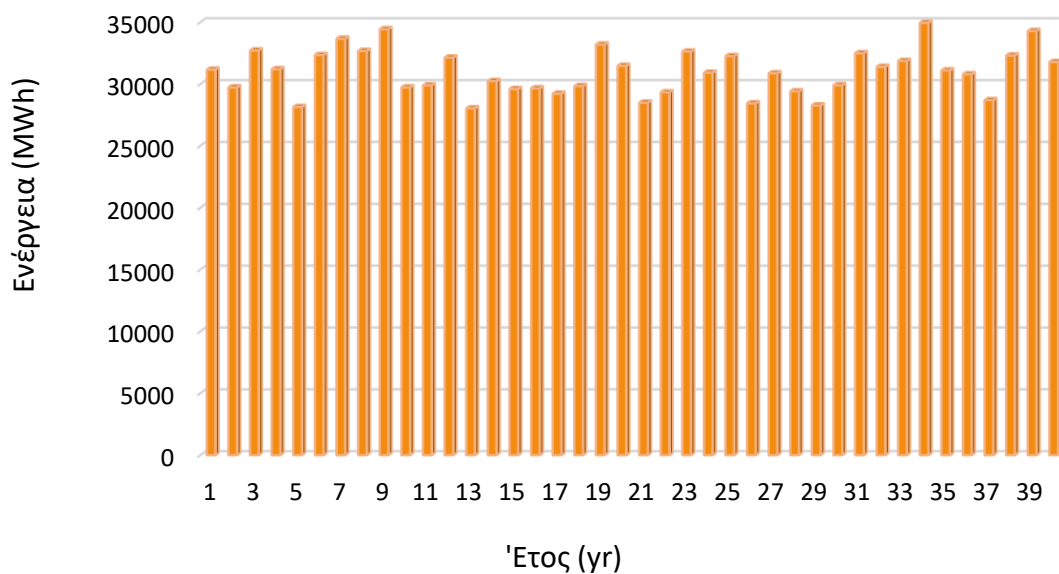
Σχήμα 5-14: Όγκος ταμιευτήρα θαλασσινού νερού – 20ο έτος



Σχήμα 5-15: Όγκος ταμιευτήρα θαλασσινού νερού - 40ο έτος

Ακολούθως, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.16 η μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συγκεντρωτικά από το αιολικό πάρκο και το υδροηλεκτρικό έργο, καθώς και στους Πίνακες 5.1 και 5.2, η συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος και η μέση παραγόμενη ποσότητα ενέργειας ανά μήνα, με τα αντίστοιχα ποσοστά κάλυψης των ενεργειακών αναγκών.

Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας (MWh/yr)



Σχήμα 5-16: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Πίνακας 5-1: Μέση ετήσια συνολική παραγωγή και κάλυψη ενέργειας

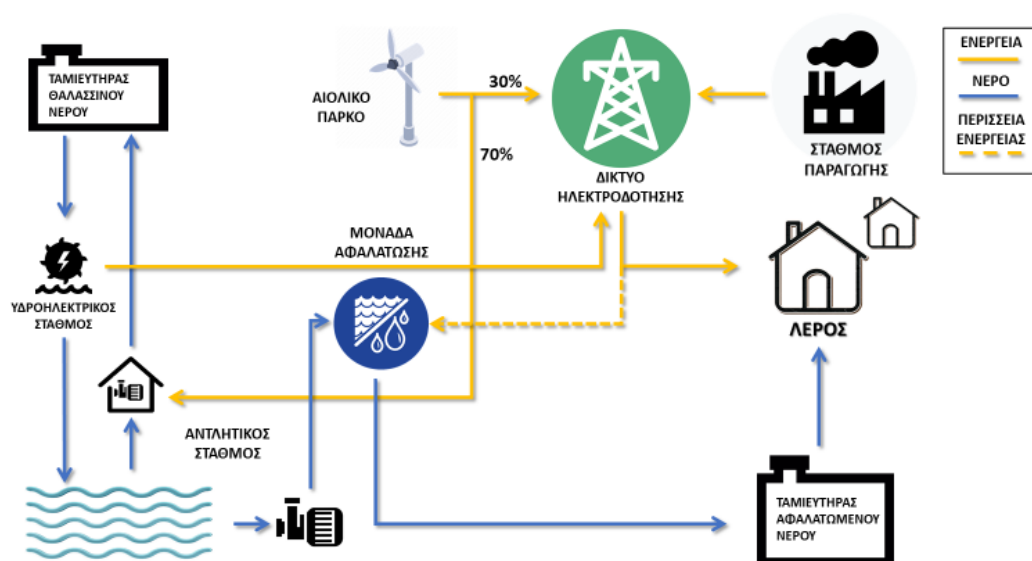
Έτος	Παραγωγή Ενέργειας (MWh)	Κάλυψη Ενέργειας (%)	Έτος	Παραγωγή Ενέργειας (MWh)	Κάλυψη Ενέργειας (%)
1	31158.39	76	21	28488.70	67
2	29726.76	73	22	29325.73	72
3	32707.06	79	23	32625.10	78
4	31193.92	75	24	30910.27	74
5	28137.01	66	25	32254.06	77
6	32343.90	99	26	28438.68	66
7	33660.98	81	27	30856.08	74
8	32670.50	99	28	29410.36	71
9	34426.54	99	29	28264.17	66
10	29724.02	70	30	29897.35	70
11	29894.21	73	31	32487.28	77
12	32135.90	75	32	31385.91	75
13	28029.72	67	33	31862.27	76
14	30241.09	72	34	34946.33	83
15	29595.47	71	35	31099.70	73
16	29647.86	72	36	30784.66	74
17	29216.52	69	37	28696.06	66
18	29831.66	70	38	32299.02	77
19	33188.78	80	39	34286.75	81
20	31470.47	76	40	31774.88	75

Πίνακας 5-2: Μέση μηνιαία συνολική παραγωγή και κάλυψη ενέργειας

Μήνας	Συνολική Παραγόμενη Ενέργεια (MWh)	Κάλυψη Ενέργειας (%)
Ιανουάριος	3026.80	92.21
Φεβρουάριος	2172.52	71.58
Μάρτιος	2387.82	77.90
Απρίλιος	2525.63	83.20
Μάιος	2804.44	86.53
Ιούνιος	2698.53	64.84
Ιούλιος	2666.04	49.87
Αύγουστος	2689.13	41.19
Σεπτέμβριος	2562.59	60.46
Οκτώβριος	2704.51	92.41
Νοέμβριος	2119.95	83.31
Δεκέμβριος	2619.40	82.82

Ανακεφαλαιώνοντας, συμπεραίνεται ότι η υψηλή αξιοπιστία του συστήματος, σχεδόν 100% και 75% για την ύδρευση και την ενέργεια αντίστοιχα, αποτελεί ένα σημαντικό πρώτο βήμα για την ανεξαρτητοποίηση του νησιού.

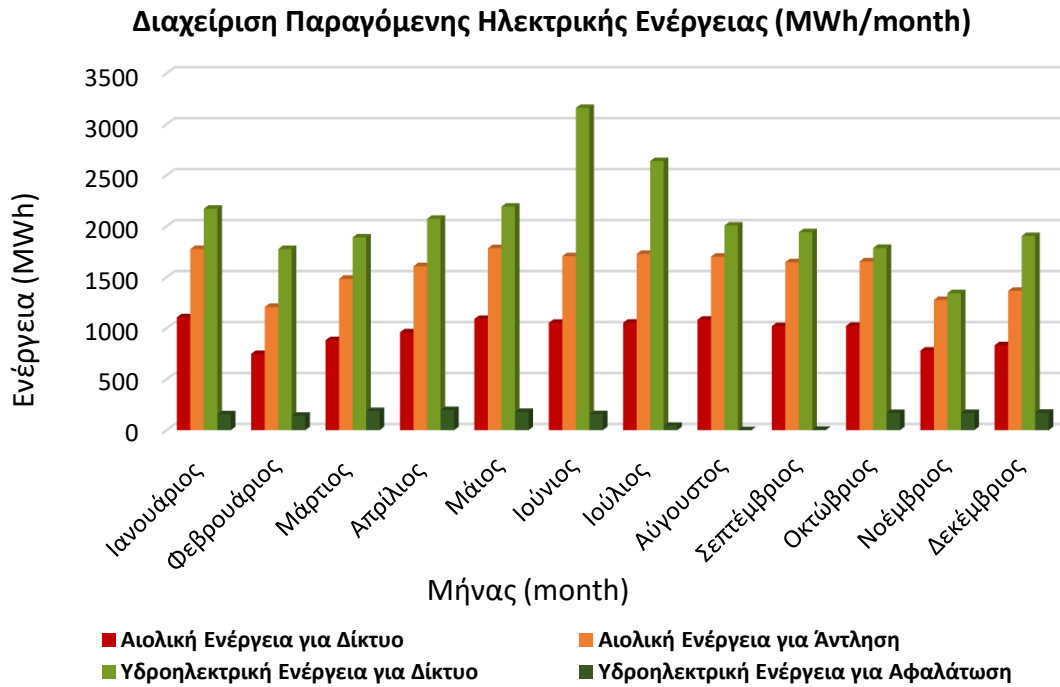
5.2 Σενάριο 2: Ενεργειακή Κάλυψη σε Προτεραιότητα



Σχήμα 5-17: Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας σεναρίου 2

Στο Σενάριο 2 από την άλλη, εξετάζεται η λειτουργία του ΥΣ, με στόχο την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού πρώτα και στη συνέχεια την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης της μονάδας αφαλάτωσης. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και από το Σχήμα 5.17, το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, ενώ το υπόλοιπο κατευθύνεται ολόκληρο αυτή τη φορά για άντληση θαλασσινού νερού. Στο παρόν σενάριο, η μονάδα αφαλάτωσης λειτουργεί με βάση τη περίσσεια ενέργειας από το ΥΗΕ.

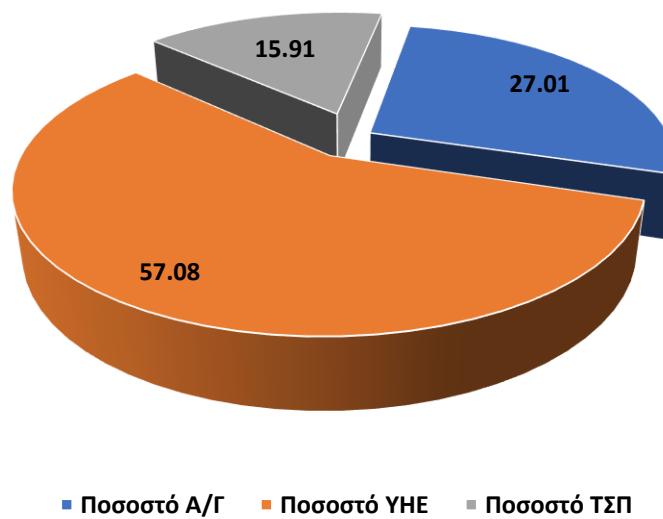
Αναλυτικότερα, το 70% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο διατίθεται για άντληση θαλασσινού νερού προς τον αντίστοιχο ταμιευτήρα. Το ΥΗΕ, στο σενάριο που εξετάζεται, έχει ως πρωτεύον στόχο την κάλυψη των αιχμών της ενεργειακής ζήτησης του νησιού. Στη περίπτωση που η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από τον ΥΗΣ είναι μεγαλύτερη από το ενεργειακό έλλειμμα του νησιού, τότε αυτή η περίσσεια ενέργειας κατευθύνεται για παραγωγή αφάλατμένου νερού και άντληση του στον αντίστοιχο ταμιευτήρα, από όπου και διατίθεται στο υδρευτικό δίκτυο του νησιού. Η βασική διαφορά λειτουργίας του συστήματος, μεταξύ των δύο σεναρίων, είναι πως στο πρώτο σενάριο η μονάδα αφαλάτωσης τροφοδοτείται απευθείας από το αιολικό πάρκο πριν την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού, ενώ στο δεύτερο τροφοδοτείται από το δίκτυο ηλεκτροδότησης του νησιού, αφού πρώτα έχουν καλυφθεί οι ενεργειακές ανάγκες. Με βάση τα παραπάνω, στο Σχήμα 5.18 διαφαίνεται η διαχείριση της μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας.



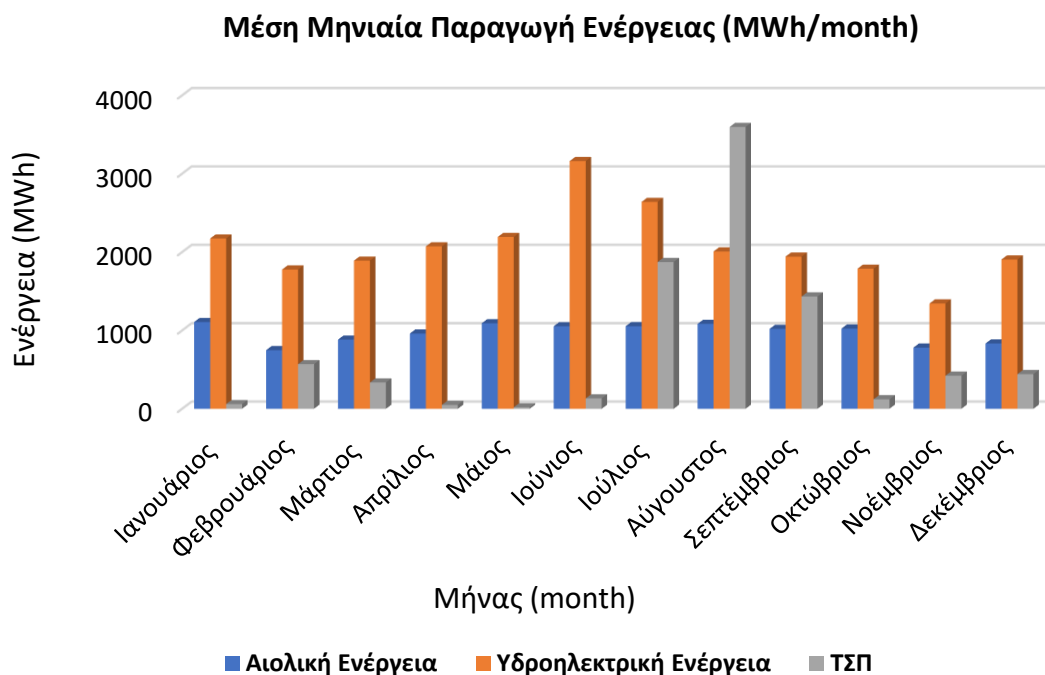
Σχήμα 5-18: Διαχείριση παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Όπως στο σενάριο 1, έτσι και στο εξεταζόμενο σενάριο, το νησί τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το αιολικό πάρκο, το ΥΗΕ και, σε περιπτώσεις αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από τα πρώτα δύο, από τον ΤΣΠ ενέργειας της Kw μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων. Στο Σχήματα 5.19 και 5.20, παρουσιάζονται το ποσοστό της κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης καθώς και η μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μία από τις εκάστοτε πηγές ενέργειας.

Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών (%)

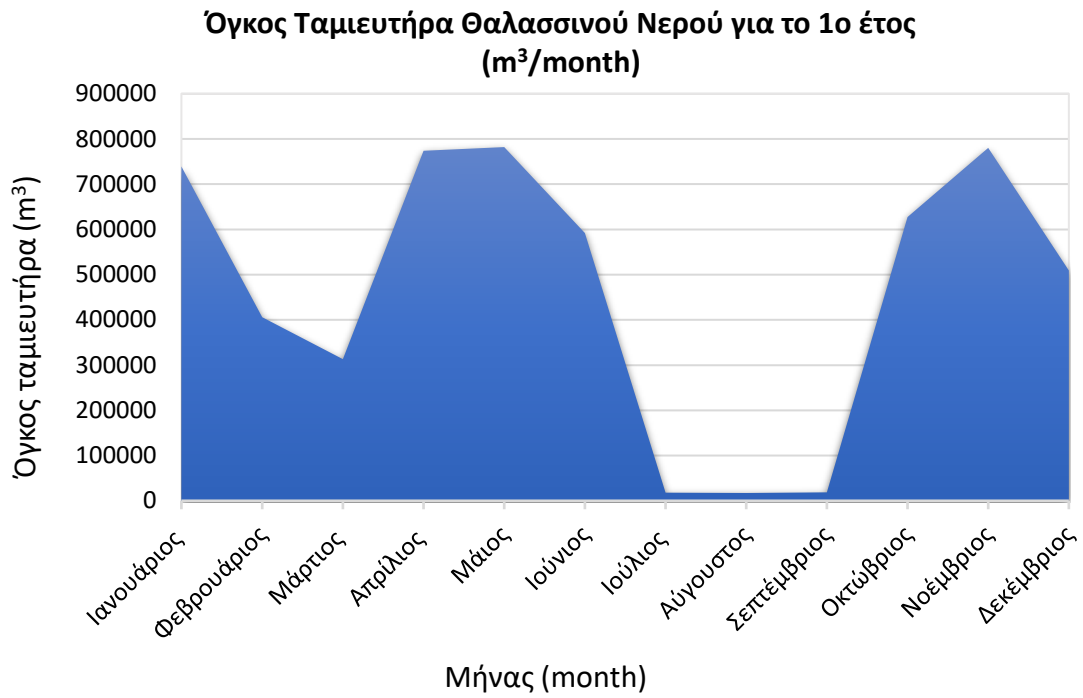


Σχήμα 5-19: Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών ανά μορφή ενέργειας

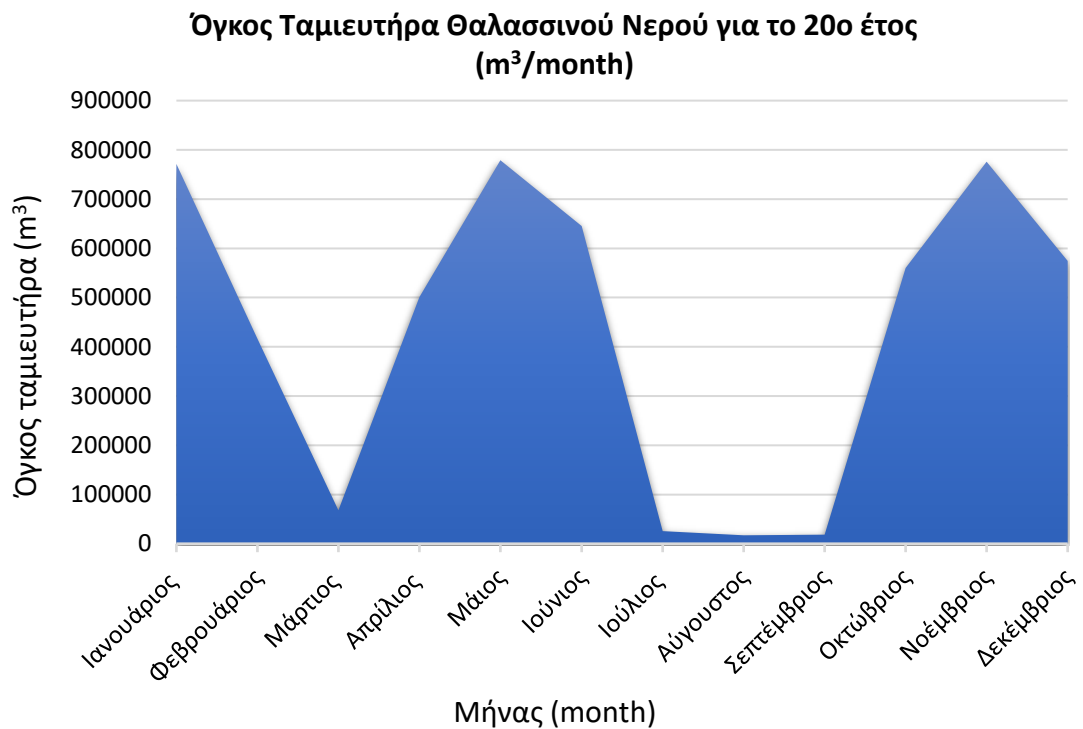


Σχήμα 5-20: Μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μορφή

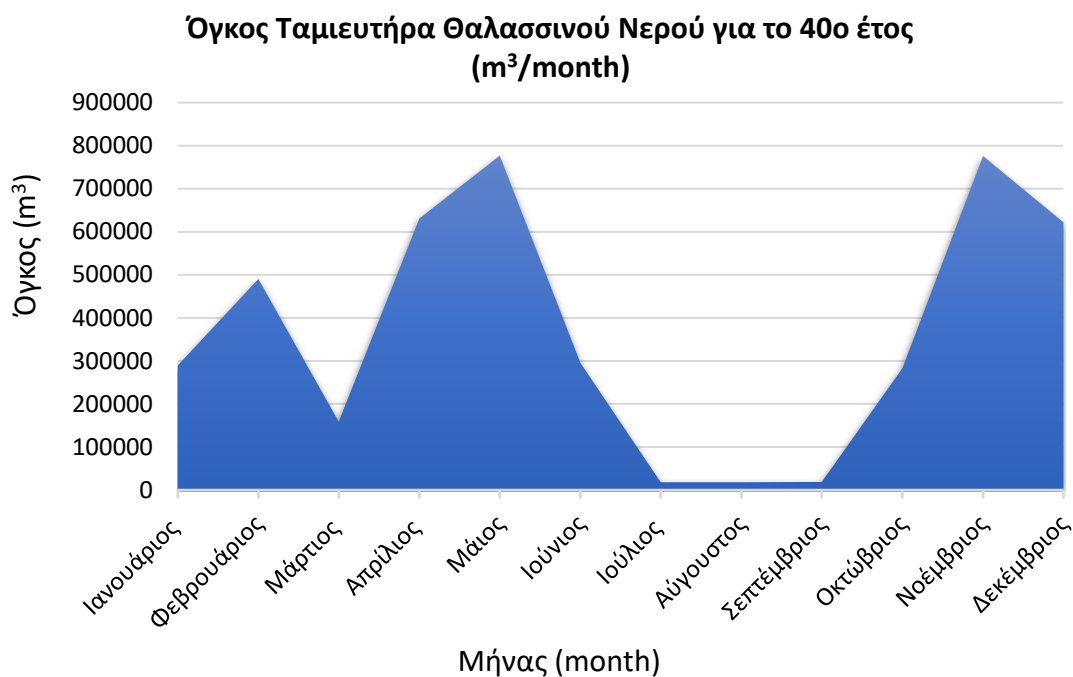
Το ποσοστό τροφοδότησης με ενέργεια από το συμβατικό σταθμό παραγωγής της Kw είναι μικρότερο από το αντίστοιχο του πρώτου σεναρίου, ενώ παράλληλα έχει αυξηθεί το ποσοστό τόσο της αιολικής, όσο και της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, η συμβολή του ΤΣΠ μειώνεται κατά 10% περίπου, ενώ του αιολικού πάρκου και του ΥΗΕ αυξάνεται σχεδόν 5% έκαστη. Η αύξηση της αξιοπιστίας των Α/Γ οφείλεται στο γεγονός πως η αιολική ενέργεια που τροφοδοτεί το δίκτυο συμπεριλαμβάνει, εκτός του 30% της συνολικής παραγόμενης, και την περίσσεια ενέργειας μετά από κάλυψη της απαιτούμενης ενέργειας του αντλητικού σταθμού. Συνεπώς, αντλείται μεγαλύτερος όγκος θαλασσινού νερού προς τον αντίστοιχο ταμιευτήρα, αυξάνοντας, τελικά, την αξιοπιστία και του ΥΗΕ. Στα Σχήματα 5.21, 5.22 και 5.23, παρουσιάζεται ο όγκος του ταμιευτήρα θαλασσινού νερού στο 1ο, το 20ο και το 40ο έτος λειτουργίας του συστήματος.



Σχήμα 5-21: Όγκος ταμιευτήρα θαλασσινού νερού - 1ο έτος

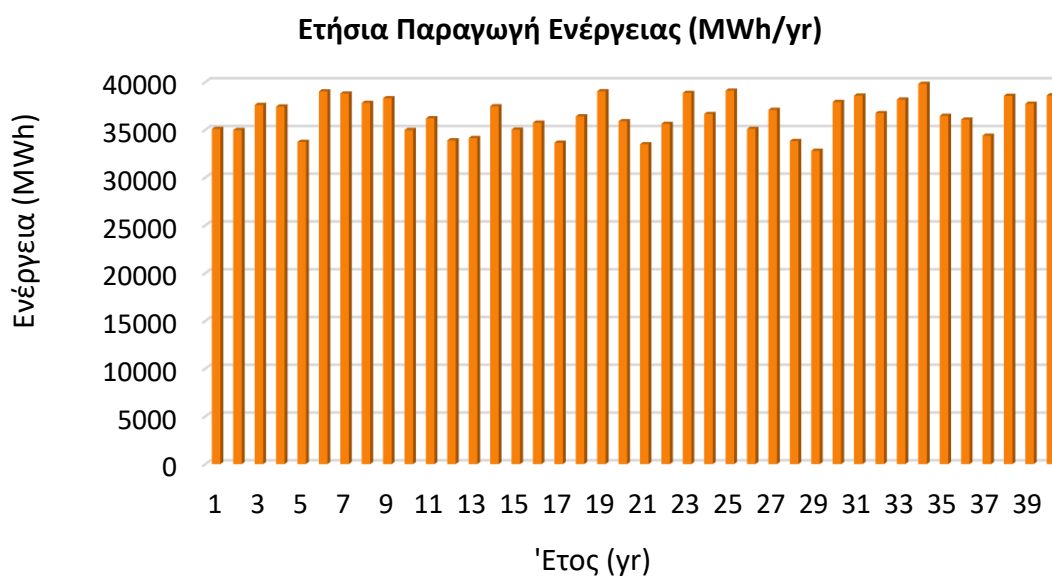


Σχήμα 5-22: Όγκος ταμιευτήρα θαλασσινού νερού - 20ο έτος



Σχήμα 5-23: Όγκος ταμιευτήρα θαλασσινού νερού - 40ο έτος

Συγκριτικά με τους αντίστοιχους όγκους του προηγούμενου σεναρίου, εμφανίζονται ορισμένες ομοιότητες, όπως η γενική μείωση του όγκου ανά 20ετία λόγω της γεωμετρικής αύξησης του πληθυσμού, η μείωση τους θερινούς μήνες λόγω της μεγάλης επισκεψιμότητας στο νησί και η αύξηση κατά το μήνα Σεπτέμβριο. Παρόλα αυτά, στην περίπτωση του παρόντος σεναρίου, ο ταμιευτήρας φαίνεται να γεμίζει με θαλασσινό νερό τους μήνες Μάρτιο με Μάιο, σε σχέση με του πρώτου σεναρίου όπου είναι άδειος. Αυτό εξηγείται από το γεγονός πως τους μήνες αυτούς η ενεργειακή ζήτηση δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή, με αποτέλεσμα η αιολική ενέργεια να καλύπτει σημαντικό ποσοστό της ζήτησης, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην άντληση επιπλέον θαλασσινού νερού. Ακολουθως, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.24 η μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συγκεντρωτικά από το αιολικό πάρκο και το ΥΗΕ, καθώς και στους Πίνακες 5.3 και 5.4 η συνολική ετήσια και μέση μηνιαία παραγόμενη ενέργεια με τα αντίστοιχα ποσοστά κάλυψης.



Σχήμα 5-24: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

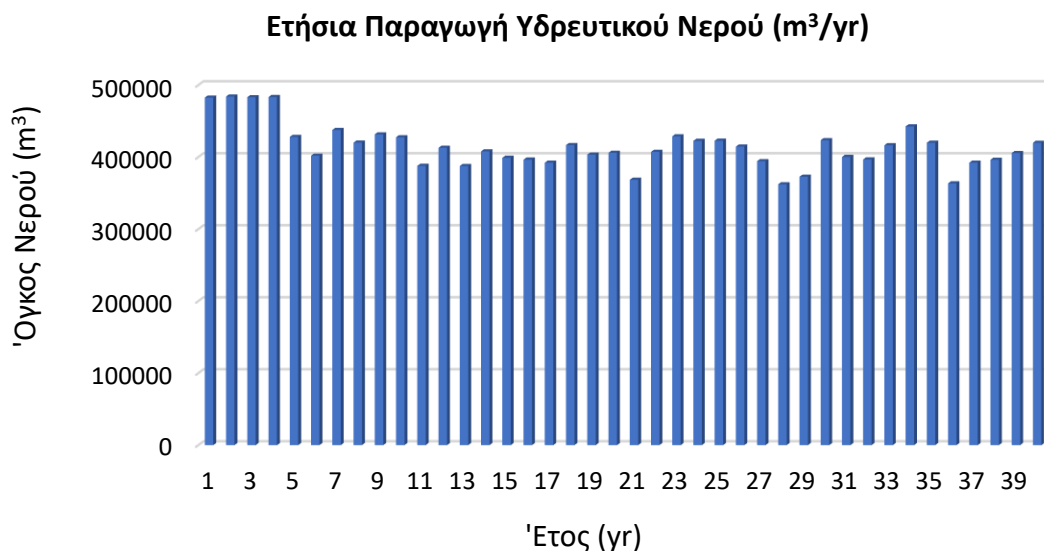
Πίνακας 5-3: Ετήσια παραγωγή και κάλυψη ενέργειας

Έτος	Παραγωγή Ενέργειας (MWh)	Κάλυψη Ενέργειας (%)	Έτος	Παραγωγή Ενέργειας (MWh)	Κάλυψη Ενέργειας (%)
1	35090.86	83	21	33486.50	77
2	34977.56	84	22	35621.84	85
3	37598.22	89	23	38862.36	90
4	37436.50	88	24	36656.45	85
5	33733.20	77	25	39103.99	91
6	39017.77	91	26	35097.59	79
7	38802.36	90	27	37083.94	86
8	37817.93	88	28	33821.94	80
9	38309.07	90	29	32802.82	75
10	34978.88	79	30	37914.04	87
11	36206.36	86	31	38587.10	89
12	33900.20	78	32	36743.51	85
13	34135.39	79	33	38169.54	88
14	37463.43	86	34	39809.43	92
15	35019.89	81	35	36466.56	83
16	35743.36	83	36	36067.84	85
17	33644.65	77	37	34383.29	76
18	36405.62	83	38	38555.35	89
19	39032.56	91	39	37729.72	88
20	35898.01	84	40	38603.10	90

Πίνακας 5-4: Μέση μηνιαία παραγωγή και κάλυψη ενέργειας

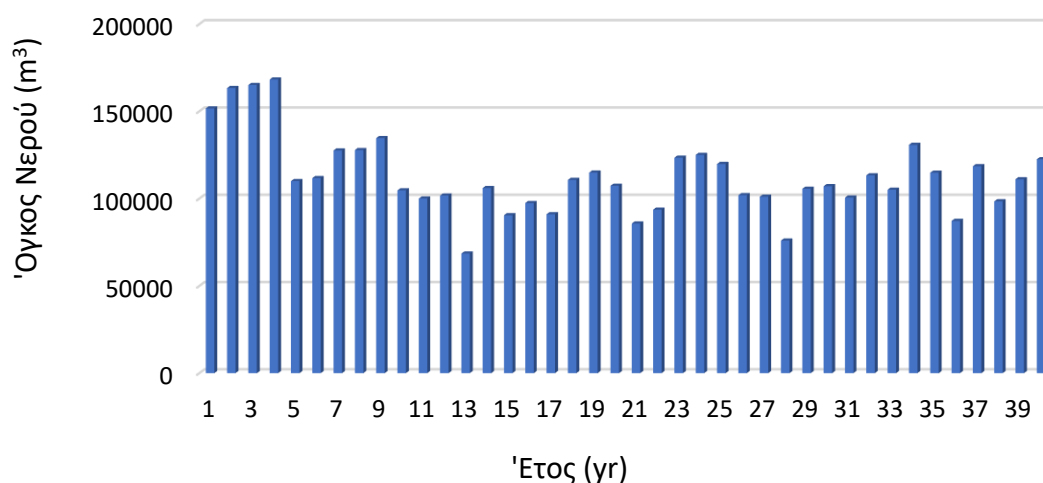
Μήνας	Συνολική παραγόμενη Ενέργεια (MWh)	Κάλυψη Ενέργειας (%)
Ιανουάριος	3278.53	98
Φεβρουάριος	2524.74	82
Μάρτιος	2772.67	89
Απρίλιος	3032.33	98
Μάιος	3283.39	99
Ιούνιος	4213.15	97
Ιούλιος	3692.82	66
Αύγουστος	3090.50	46
Σεπτέμβριος	2960.67	67
Οκτώβριος	2810.00	96
Νοέμβριος	2123.60	83
Δεκέμβριος	2737.08	86

Όσον αφορά στην απόκριση της παρούσας λειτουργίας του συστήματος στη ύδρευση και άρδευση του νησιού, παρουσιάζονται στα Σχήματα 5.25 και 5.26 οι συνολικοί παραγόμενοι υδρευτικοί και αρδευτικοί όγκοι ανά έτος. Σε αντίθεση με την ομοιόμορφη αύξηση του παραγόμενου υδρευτικού νερού του προηγούμενου σεναρίου, στο παρόν σενάριο εμφανίζονται συνεχείς αυξομειώσεις, ιδιαίτερα μετά το 4ο έτος.



Σχήμα 5-25: Ετήσια παραγωγή υδρευτικού νερού

Ετήσια Παραγωγή Αρδευτικού Νερού (m³/yr)



Σχήμα 5-26: Ετήσια παραγωγή αρδευτικού νερού

Παρατηρείται συνεπώς, ικανοποιητική παραγωγή υδρευτικού και αρδευτικού νερού για τα πρώτα 4 έτη λειτουργίας του συστήματος. Οι μεταβολές που εμφανίζονται τα υπόλοιπα χρόνια υποδεικνύουν την αδυναμία του συστήματος για κάλυψη των ύδρευσης και άρδευσης κάθε έτος. Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 5.5 και 5.6 αναφέρονται οι αστοχίες του ΥΣ ως προς την ύδρευση και άρδευση με το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης τους, σε ετήσια βάση.

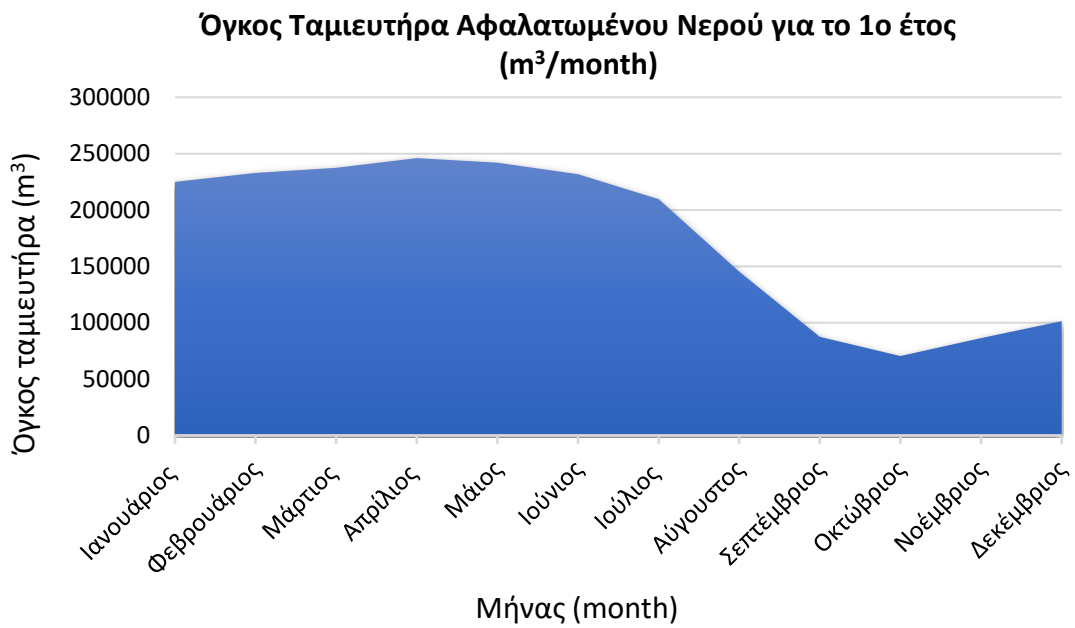
Πίνακας 5-5: Ετήσιες αστοχίες και αξιοπιστία ύδρευσης και άρδευσης για την πρώτη 20ετία

Έτος	Αστοχία Ύδρευσης	Αστοχία Άρδευσης	Αξιοπιστία Ύδρευσης (%)	Αξιοπιστία Άρδευσης (%)
1	0	0	99.99	99.99
2	0	0	99.99	99.99
3	0	0	99.99	99.99
4	0	0	99.99	99.99
5	984	3163	88.77	63.89
6	1342	3301	84.68	62.32
7	760	2058	91.32	76.51
8	1040	2365	88.13	73.00
9	862	2218	90.16	74.68
10	964	3564	89.00	59.32
11	1556	3246	82.24	62.95
12	1268	3446	85.53	60.66
13	1564	7145	82.15	18.44
14	1269	3868	85.51	55.84
15	1391	4685	84.12	46.52
16	1431	4196	83.66	52.10
17	1502	4725	82.85	46.06
18	1184	3608	86.48	58.81
19	1335	3201	84.76	63.46
20	1296	2662	85.21	69.61

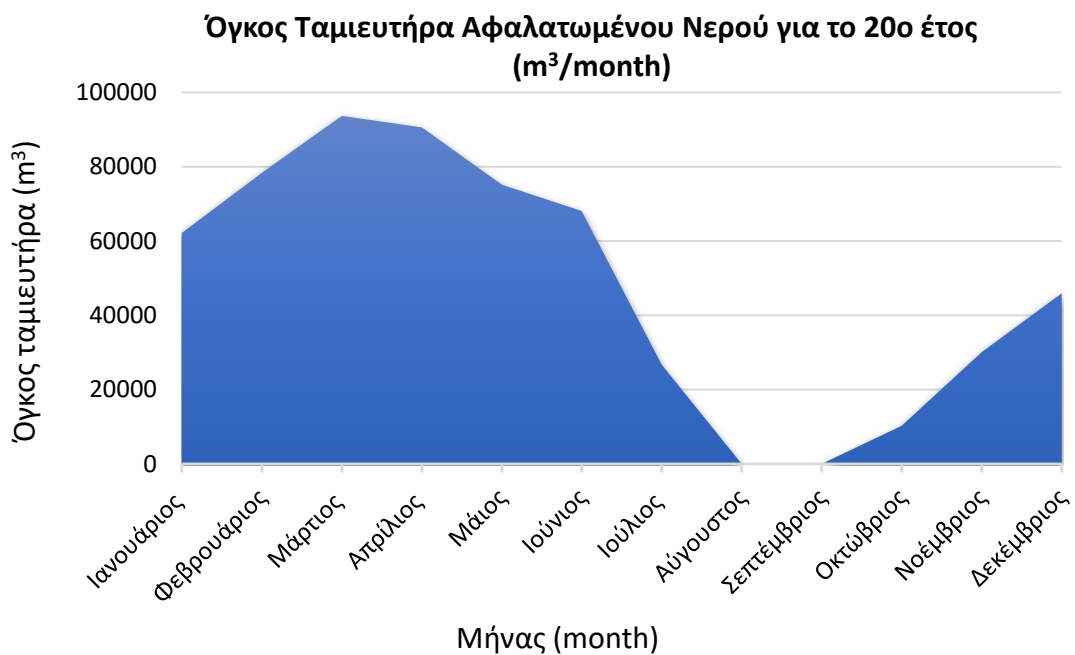
Πίνακας 5-6: Ετήσιες αστοχίες και αξιοπιστία ύδρευσης και άρδευσης για τη δεύτερη 20ετία

Έτος	Αστοχία Υδρευσης	Αστοχία Άρδευσης	Αξιοπιστία Υδρευσης (%)	Αξιοπιστία Άρδευσης (%)
21	1896	4488	78.36	48.77
22	1302	3556	85.14	59.41
23	950	2301	89.16	73.73
24	1055	2397	87.96	72.64
25	1052	2534	87.99	71.07
26	1221	3823	86.06	56.36
27	1501	4208	82.87	51.96
28	2017	4667	76.97	46.72
29	1940	3450	77.85	60.62
30	1085	3742	87.61	57.28
31	1420	3700	83.79	57.76
32	1479	3317	83.12	62.13
33	1175	2545	86.59	70.95
34	800	2159	90.87	75.35
35	1128	3058	87.12	65.09
36	2038	4009	76.74	54.24
37	1692	3721	80.68	57.52
38	1522	4359	82.63	50.24
39	1369	2719	84.37	68.96
40	1151	2475	86.86	71.75

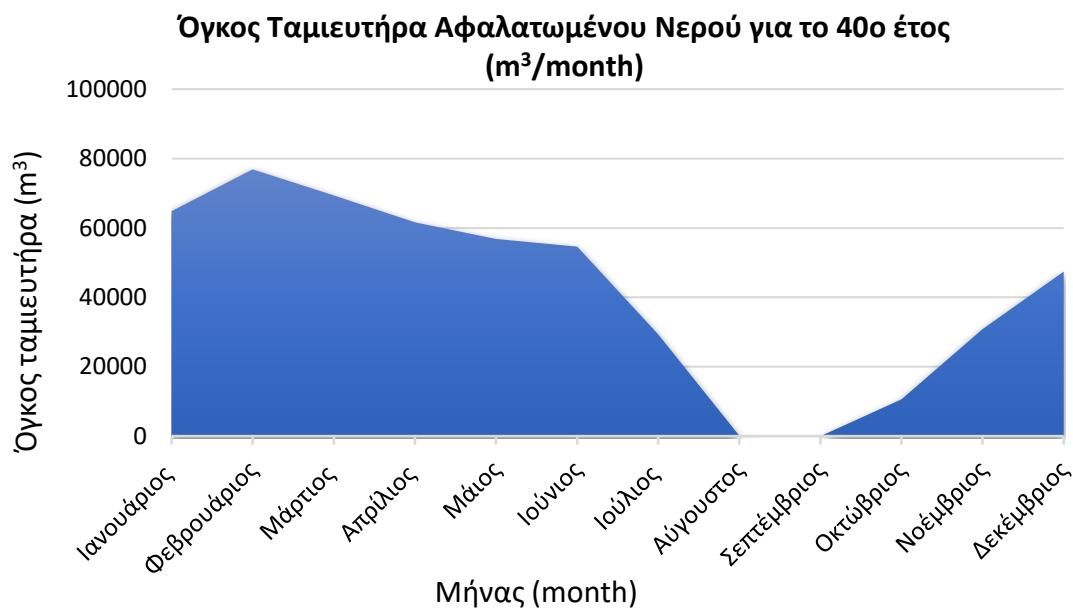
Οι έντονες διαφορές στο πλήθος αστοχιών κάλυψης υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών οφείλονται στο γεγονός, πως και στα δύο εξεταζόμενα σενάρια έχει δοθεί προτεραιότητα στην ύδρευση, δεσμεύοντας σταθερά 25000 m³ στον ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού, τα οποία προορίζονται αποκλειστικά για την ύδρευση. Στα Σχήματα 5.27, 5.28 και 5.29, παρουσιάζονται η μέση μηνιαία μεταβολή του όγκου του ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού στο 1ο, το 20ο και το 40ο έτος λειτουργίας του συστήματος αντίστοιχα.



Σχήμα 5-27: Όγκος ταμιευτήρα αφραλατωμένου νερού - 1ο έτος

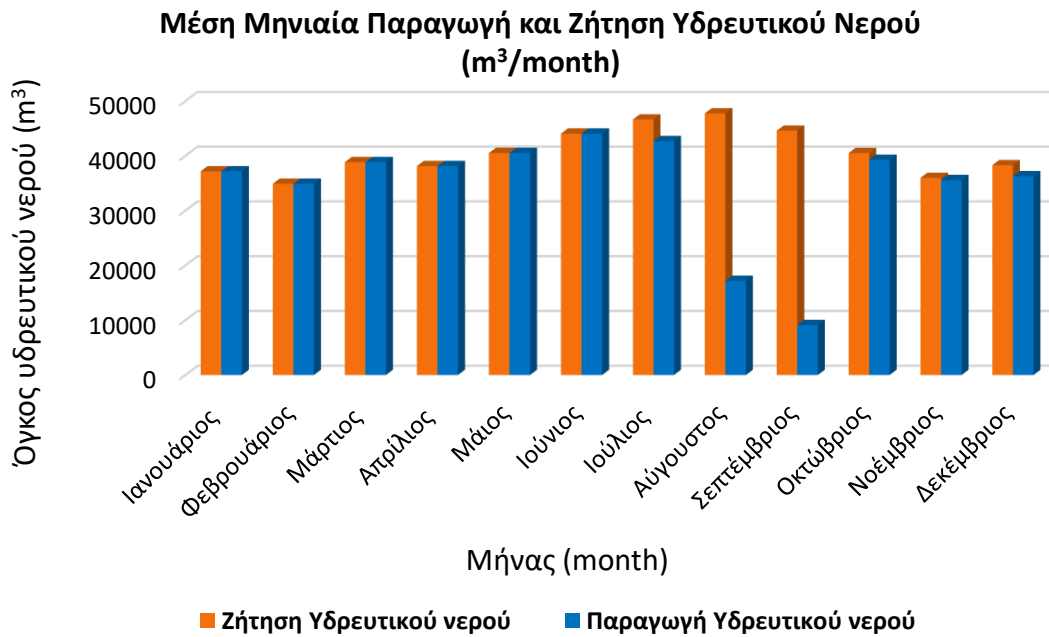


Σχήμα 5-28: Όγκος ταμιευτήρα αφραλατωμένου νερού - 20ο έτος

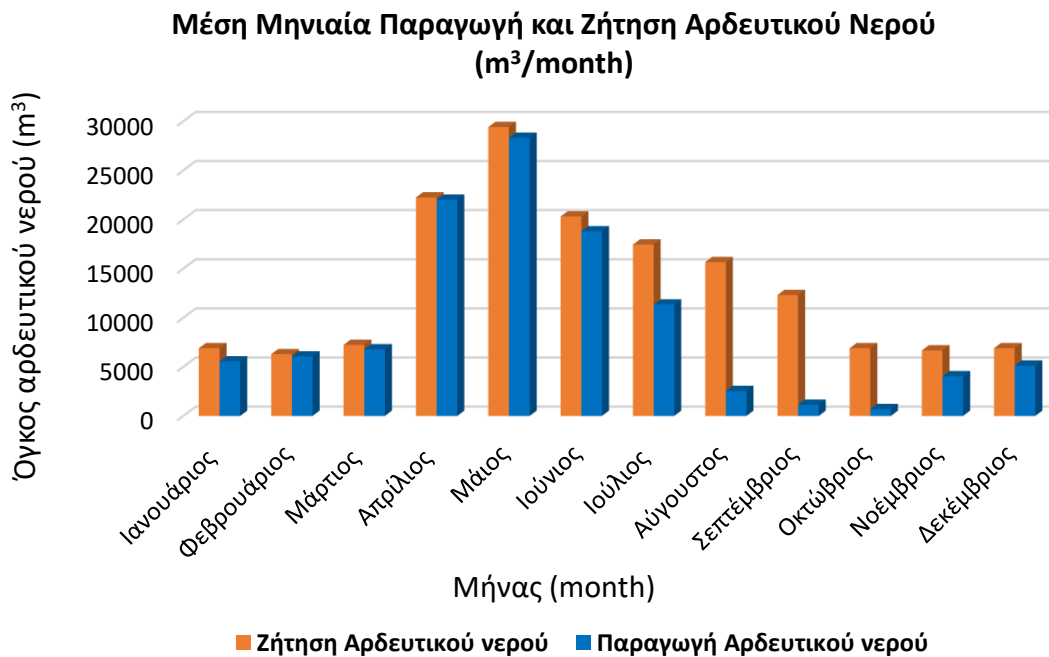


Σχήμα 5-29: Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού - 40ο έτος

Χαρακτηριστικό των σχημάτων αυτών, είναι η μεγάλη μείωση του όγκου από το μήνα Ιούνιο έως και το Σεπτέμβριο. Ειδικά για το 20ο και 40ο έτος, παρατηρείται πως τους μήνες Ιούλιο με Νοέμβριο, ο όγκος του ταμιευτήρα είναι μικρότερος από 25000 m³. Συνεπώς, κατά τους μήνες αυτούς, το νερό του ταμιευτήρα προορίζεται αποκλειστικά για κάλυψη της ύδρευσης, ενώ η κάλυψη των αρδευτικών αναγκών εξασφαλίζεται εξ' ολοκλήρου από υδροφόρα πλοία. Επιπλέον, εμφανίζεται μια γενική μείωση του όγκου του ταμιευτήρα με τα χρόνια, καθώς οι υδρευτικές ανάγκες αυξάνονται λόγω της γεωμετρικής αύξησης του πληθυσμού. Συγκριτικά με τους αντίστοιχους όγκους αφαλατωμένου νερού του σεναρίου 1, στο παρόν σενάριο ο όγκος του ταμιευτήρα για κάθε έτος εμφανίζεται αισθητά μικρότερος. Αυτό εξηγείται μιας και στο προηγούμενο σενάριο, η λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης βρίσκεται σε προτεραιότητα, ενώ στο παρόν σενάριο παράγεται αφαλατωμένο νερό μόνο όταν το σύστημα έχει καλύψει πρώτα τις ενεργειακές ανάγκες του νησιού. Στη συνέχεια, στα Σχήματα 5.30 και 5.31 παρουσιάζονται η μέση μηνιαία παραγωγή υδρευτικού και αρδευτικού νερού σε σχέση με την αντίστοιχη μέση μηνιαία ζήτηση, καθώς και αναλυτικά στον Πίνακα 5.7 οι αστοχίες του ΥΣ ως προς την ύδρευση και άρδευση, με το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης τους σε μηνιαία βάση.



Σχήμα 5-30: Μέση μηνιαία παραγωγή και ζήτηση υδρευτικού νερού



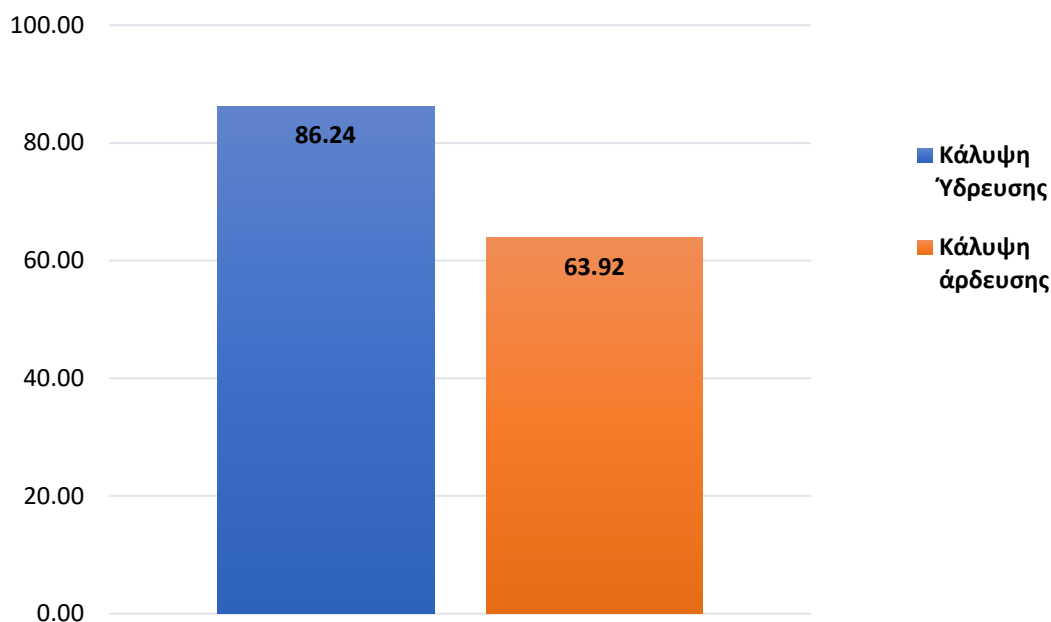
Σχήμα 5-31: Μέση μηνιαία παραγωγή και ζήτηση αρδευτικού νερού

Πίνακας 5-7: Μηνιαίες αστοχίες και αξιοπιστία ύδρευσης και άρδευσης

Μήνας	Αστοχία Ύδρευσης	Αστοχία Άρδευσης	Αξιοπιστία Ύδρευσης (%)	Αξιοπιστία Άρδευσης (%)
Ιανουάριος	1	5803	99.99	79.85
Φεβρουάριος	0	989	99.99	96.57
Μάρτιος	0	1971	99.99	93.16
Απρίλιος	0	995	99.99	96.55
Μάιος	0	2534	99.99	91.20
Ιούνιος	0	4154	99.99	85.58
Ιούλιος	2525	11149	91.23	61.29
Αύγουστος	19033	25341	33.91	12.01
Σεπτέμβριος	23163	25920	19.57	10.00
Οκτώβριος	927	26784	96.78	7.00
Νοέμβριος	319	11382	98.89	60.48
Δεκέμβριος	1573	7657	94.54	73.41

Σε σχέση με τα αποτελέσματα του πρώτου σεναρίου, η παρούσα λειτουργία του συστήματος φαίνεται να υπολείπεται αρκετά στην κάλυψη των υδρευτικών αναγκών, κυρίως τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Η χαμηλή κάλυψη των υδρευτικών αναγκών εξηγείται από τον μηδαμινό, σχεδόν, όγκο του ταμειυτήρα τους μήνες αυτούς, όπως παρατηρείται στα Σχήματα 5.28 και 5.29. Αντίστοιχα, στις αρδευτικές ανάγκες εμφανίζεται έντονο το χάσμα ανάμεσα στη ζήτηση και στην κάλυψη κυρίως για τους μήνες Ιούλιο μέχρι και Νοέμβριο. Αυτό επίσης δικαιολογείται από τον όγκο του ταμειυτήρα αφαλατωμένου νερού, ο οποίος φαίνεται τους μήνες αυτούς να μη διαθέτει νερό παραπάνω από 25000 m³, ώστε να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες. Στη συνέχεια, βάσει των προαναφερθέντων προκύπτει η συνολική αξιοπιστία του ΥΣ, ως προς την κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών (Σχήμα 5.32).

Ποσοστό Κάλυψης Υδρευτικών και Αρδευτικών Αναγκών (%)



Σχήμα 5-32: Ποσοστό κάλυψης υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών

Όσον αφορά στην ύδρευση, η εξεταζόμενη λειτουργία του συστήματος εμφανίζει αρκετά υψηλή αξιοπιστία, αφού δείχνει να ξεπερνά το 85% στην κάλυψη των αναγκών της. Το σύστημα δεν φαίνεται ικανό να καλύψει πλήρως τις ανάγκες της ύδρευσης τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο, με αποτέλεσμα η πτώση αυτή της αξιοπιστίας να οφείλεται στην αδυναμία παραγωγής επαρκούς αφαλατωμένου νερού κατά τους μήνες αυτούς. Από την άλλη, στην περίπτωση της άρδευσης παρατηρείται μεγαλύτερη πτώση της συνολικής κάλυψης των αναγκών. Αυτό συμβαίνει καθώς στην κλίμακα των αναγκών, που έρχεται να καλύψει το σύστημα, οι αρδευτικές ανάγκες είναι οι τελευταίες σε προτεραιότητα. Παρόλα αυτά, το σύστημα δύναται να καλύψει πάνω από το 60% των αναγκών της. Η αδυναμία του εντοπίζεται κυρίως τους μήνες που πραγματοποιείται το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής, ενώ παράλληλα αυξάνονται οι ενεργειακές και υδρευτικές ανάγκες του νησιού, λόγω της αυξημένης τουριστικής εισροής στο νησί. Επαγωγικά, συγκριτικά με το σενάριο 1, η πτώση της αξιοπιστίας στην ύδρευση και άρδευση οφείλεται στις υψηλές ενεργειακές ανάγκες του νησιού κατά τους θερινούς μήνες που περιορίζουν την παραγόμενη ενέργεια στην κάλυψη των αιχμών της, αφού δεν παράγεται αρκετή για κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης του νησιού και της μονάδας αφαλάτωσης.

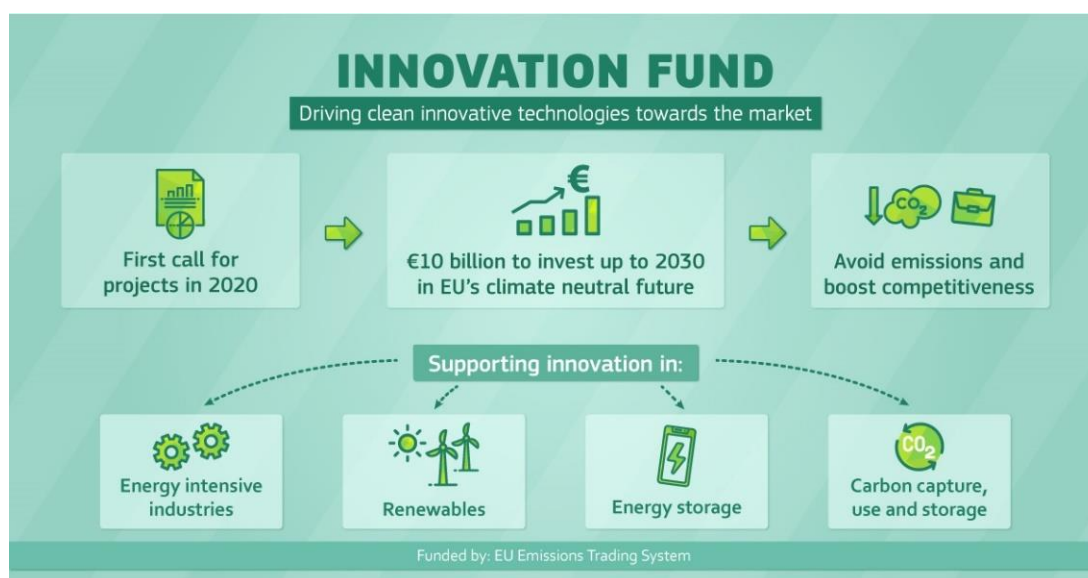
Τέλος, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα αποτελέσματα, παρόλο που το δεύτερο σενάριο αφορά σε μια διαφορετική λειτουργία του ΥΣ, αυτή φαίνεται να είναι εξίσου αποδοτική και αποτελεσματική στους βασικούς στόχους του, που είναι η ενεργειακή και υδρευτική κάλυψη της Λέρου. Αυτό φαίνεται αφού η αξιοπιστία στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών αυξάνεται κατά 10%, ενώ η στην κάλυψη των υδρευτικών αναγκών παραμένει σε επίπεδο μεγαλύτερο του 85%. Παράλληλα, και στην

περίπτωση της άρδευσης, το σύστημα φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά, αφού ο συνολικός παραγόμενος αρδευτικός όγκος δύναται να καλύψει πάνω από το ήμισυ τις αντίστοιχες ανάγκες του νησιού.

5.3 Επανεξέταση Σεναρίων με χρήση του Ταμείου Καινοτομίας - Innovation Fund (IF)

Το Ταμείο Καινοτομίας - Innovation Fund (IF) είναι από τα μεγαλύτερα προγράμματα χρηματοδότησης στον κόσμο, για την επίδειξη καινοτόμων τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Με συνολικό προϋπολογισμό να φτάνει τα 10 δισεκατομμύρια ευρώ περίπου, αποτελεί βασικό χρηματοδοτικό μέσο για την εκπλήρωση των δεσμεύσεων της ΕΕ για την οικονομία, κάτω από τη Συμφωνία του Παρισιού και του στόχου της, η ΕΕ να καταστεί ουδέτερη ως προς το κλίμα έως το 2050.

(<https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20191115STO66603/e-kai-sumfonia-tou-parisiou-gia-to-klima-stochos-i-klimatiki-oudeterotita>)



Σχήμα 5-33: https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_en

Το πρόγραμμα IF εστιάζει σε:

- Καινοτόμες τεχνολογίες και διεργασίες χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε βιομηχανίες υψηλής έντασης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων που αντικαθιστούν αυτές που απαιτούν άνθρακα.
- Καινοτόμο παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Αποθήκευση ενέργειας.
- Δέσμευση και χρήση άνθρακα και
- Κατασκευή και λειτουργία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα.

Όσον αφορά στην επιλογή των έργων για χρηματοδότηση, αυτή βασίζεται στην αποτελεσματικότητά τους στην αποφυγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στο

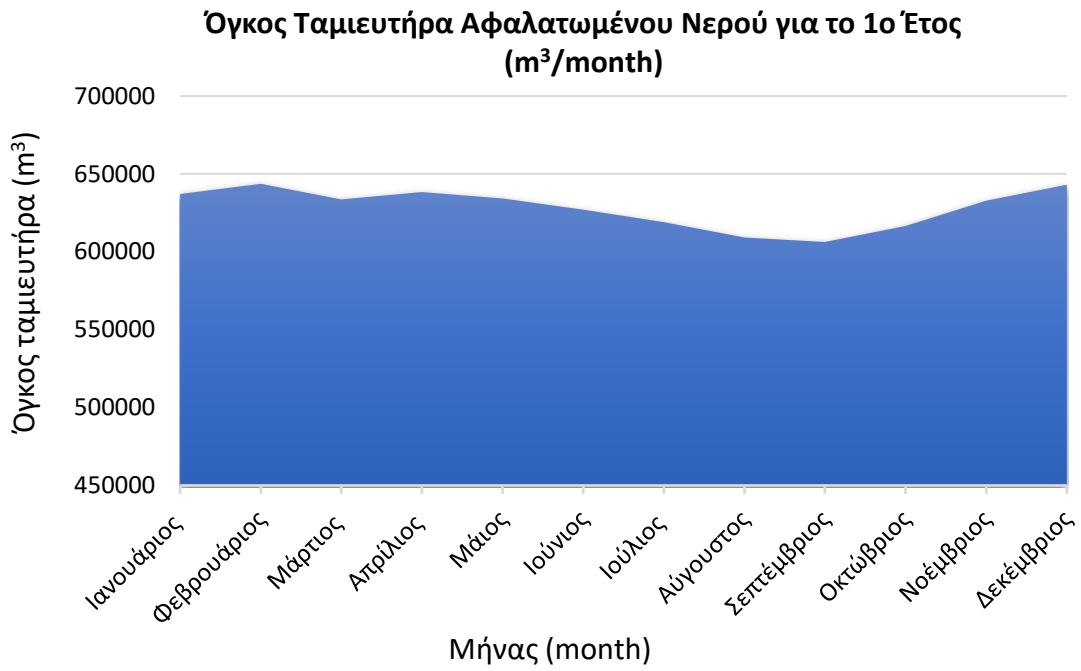
βαθμό καινοτομίας τους, στην ωριμότητα και επεκτασιμότητά τους, καθώς και στην αποδοτικότητα του κόστους.

Στο πλαίσιο, αυτό γίνεται επανεξέταση των προαναφερθέντων σεναρίων, ώστε να αποτελέσουν προτάσεις που δύνανται να λάβουν χρηματοδότηση από το IF. Συγκεκριμένα, η επανεξέταση αυτή αφορά στη διάρκεια λειτουργίας του έργου καθώς στην παρούσα περίπτωση η προσομοίωση και μελέτη του ΥΣ γίνεται για 20 χρόνια αντί για 40, δεδομένου της χρονικής εφαρμογής του IF. Η μείωση των ετών λειτουργίας έγινε εξαιτίας του στόχου της ΕΕ, να καταστεί κλιματικά ουδέτερη έως το 2050. Συνεπώς τα αποτελέσματα της προσομοίωσης πρέπει να αναφέρονται σε ρεαλιστική χρονική διάρκεια λειτουργίας από την πραγματοποίηση του ΥΣ έως το 2050.

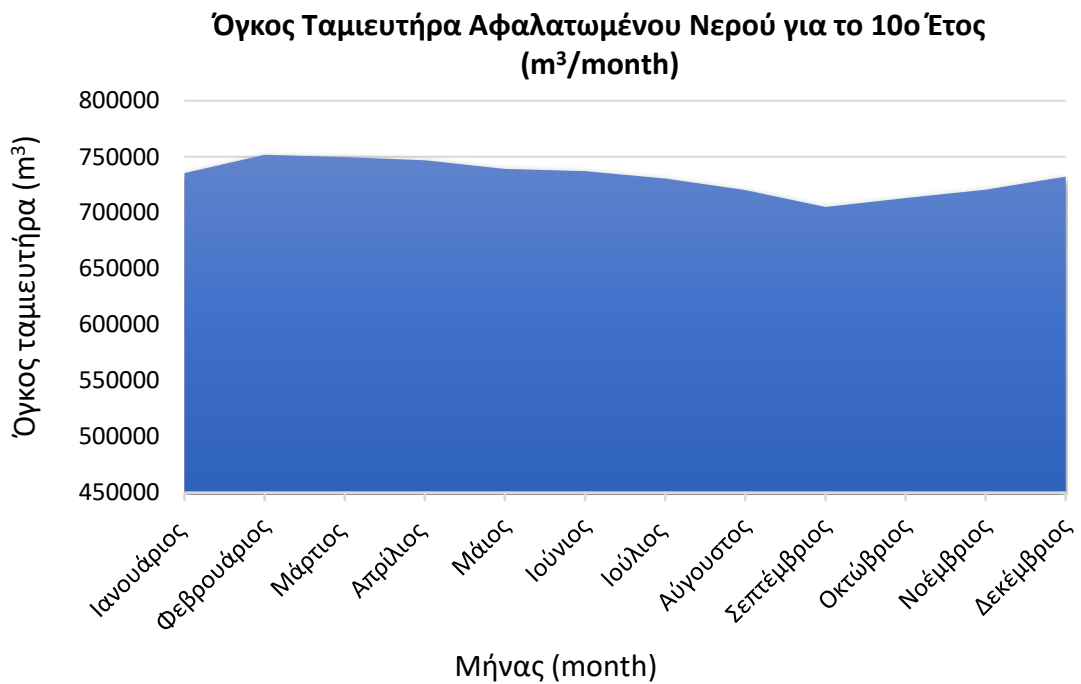
5.3.1 Σενάριο 1 – IF

Οι αρχές που διέπουν τη λειτουργία του συστήματος στο παρόν σενάριο είναι ακριβώς οι ίδιες με αυτές του σεναρίου 1 για 40 χρόνια λειτουργίας. Συνεπώς, τα αποτελέσματα για κάθε έτος μεμονωμένα για τα πρώτα 20 χρόνια είναι πανομοιότυπα, ενώ συγκεντρωτικά η αξιοπιστία του συστήματος στην κάλυψη των υδρευτικών, αρδευτικών και ενεργειακών αναγκών βελτιώνεται.

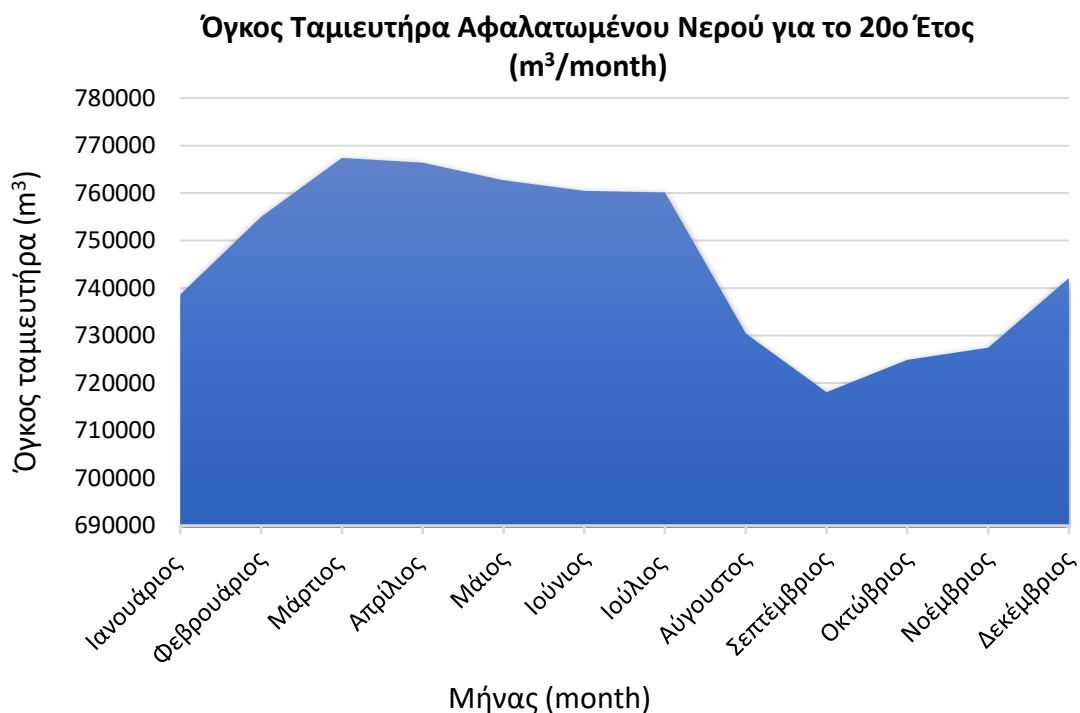
Σύμφωνα με τα παραπάνω, η αξιοπιστία του ΥΣ στην κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών για 20 χρόνια λειτουργίας δεν μπορεί να είναι μικρότερη από αυτή των 40 χρόνων λειτουργίας. Έτσι, προκύπτει, τόσο για την ύδρευση όσο και για την άρδευση, ποσοστό κάλυψης των αναγκών σχεδόν 100% συνολικά για τα 20 χρόνια λειτουργίας. Αυτό φαίνεται και από τον όγκο του ταμειυτήρα αφαλατωμένου νερού, που παρουσιάζεται ενδεικτικά για το 1ο, 10ο και 20ο έτος λειτουργίας στα Σχήματα 5.34, 5.35 και 5.36. Η απόλυτη, σχεδόν, κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών εξηγείται από τον όγκο του αφαλατωμένου νερού στον ταμειυτήρα, ο οποίος για όλα τα χρόνια φαίνεται να παραμένει σταθερά μεγαλύτερος από το 90% περίπου της χωρητικότητας του ταμειυτήρα.



Σχήμα 5-34: Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού - 1ο έτος



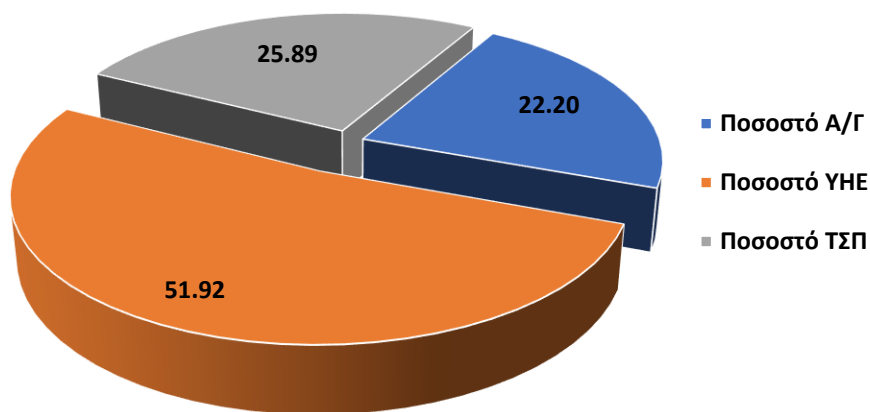
Σχήμα 5-35: Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού - 10ο έτος



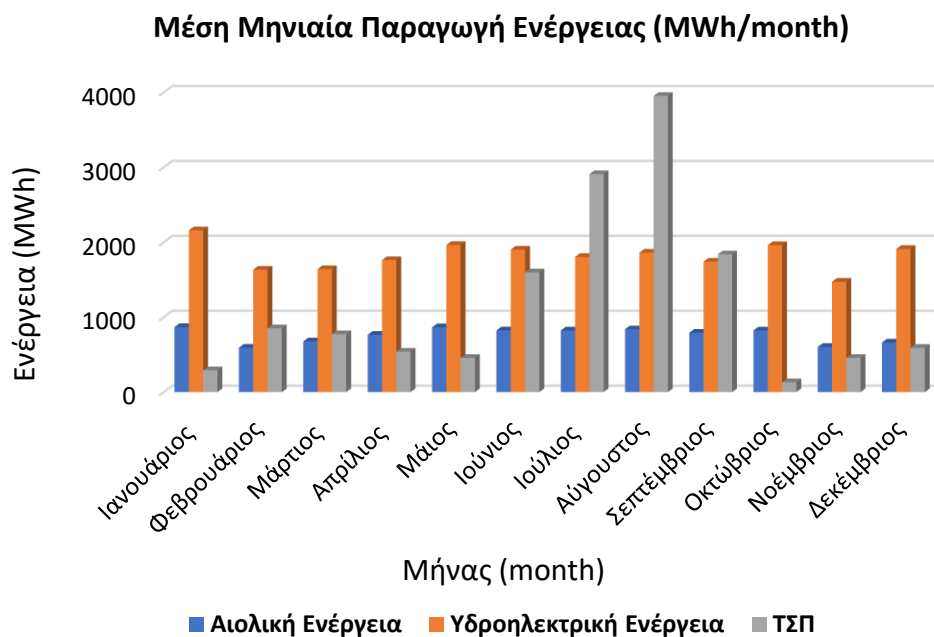
Σχήμα 5-36: Όγκος ταμιευτήρα αφραλατωμένου νερού - 20ο έτος

Παρόμοια συμπεριφορά εμφανίζει το σύστημα και στην περίπτωση της ενεργειακής κάλυψης. Στα Σχήματα 5.37 και 5.38, παρουσιάζεται το ποσοστό κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης, καθώς και η μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μία από τις πηγές ενέργειας.

Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών (%)



Σχήμα 5-37: Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών ανά μορφή ενέργειας



Σχήμα 5-38: Μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μορφή

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ομοιότητα που εμφανίζει το σύστημα για τα 20 και τα 40 χρόνια λειτουργίας είναι μεγάλη, αφού στο σύνολο η αξιοπιστία κάθε μορφής ενέργειας μεταβάλλεται ελάχιστα. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μείωση της λειτουργίας του ΤΣΠ κατά 0.25% περίπου, ενώ έχει αυξηθεί η συμβολή του αιολικού πάρκου και του ΥΗΕ κατά 0.01% και 0.24% αντίστοιχα. Οι μεταβολές αυτές δείχνουν πως τη μείωση του ΤΣΠ, ουσιαστικά, έρχεται να καλύψει το ΥΗΕ, αφού έχει περίπου αντίστοιχη αύξηση συνεισφοράς στο ενεργειακό ισοζύγιο του νησιού. Καθώς η αιολική παραγόμενη ενέργεια και συνεπώς η άντληση θαλασσινού νερού είναι αμετάβλητες σε σχέση με την αντίστοιχη των 40 ετών, η αύξηση της αξιοπιστίας του ΥΗΕ οφείλεται στον μικρότερο πληθυσμό που καλείται να εξυπηρετήσει στο σύνολο των 20 ετών.

Τελικά, παρατηρείται συνολική αύξηση της αξιοπιστίας του ΥΣ σε σχέση με το αντίστοιχο για 40 χρόνια λειτουργίας, όπως αυτή διαφαίνεται στην κάλυψη κυρίως των ενεργειακών αναγκών. Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 4.3, οι ενεργειακές και υδρευτικές ανάγκες που έρχεται να καλύψει το σύστημα, αντιστοιχούν στον πληθυσμό του νησιού που αυξάνεται γεωμετρικά κάθε χρόνο. Ωστόσο ο τελευταίος αποτελεί τη μοναδική μεταβλητή στη προσομοίωση του συστήματος. Συνεπώς, η αύξηση αυτή της αξιοπιστίας οφείλεται εξ' ολοκλήρου στον μικρό πληθυσμό που έρχεται να εξυπηρετήσει το σύστημα στα 20 χρόνια λειτουργίας του, σε σχέση με αυτόν στα 40 του προηγούμενου σεναρίου.

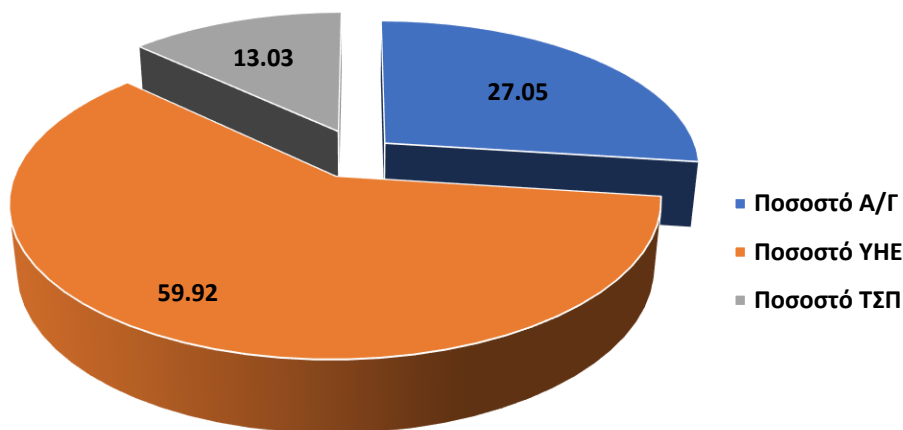
5.3.2 Σενάριο 2 – IF

Η επανεξέταση του σεναρίου 2 ακολουθεί το ίδιο μοτίβο του κεφαλαίου 5.3.1. Ο τρόπος λειτουργίας του ΥΣ είναι ο ίδιος με προτεραιότητα την κάλυψη, όσο το δυνατόν περισσότερο, των ενεργειακών αναγκών του νησιού. Όπως και στο σενάριο 1 – IF, έτσι και στο παρόν σενάριο τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, μεμονωμένα

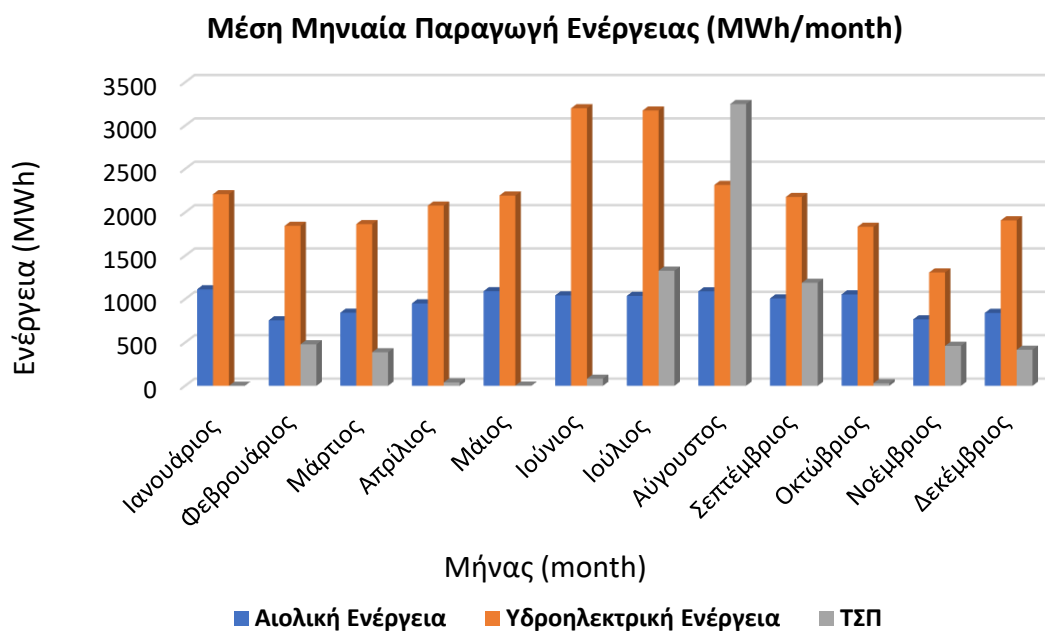
για κάθε έτος, είναι ίδια με του αρχικού, ενώ η συνολική αξιοπιστία που παρουσιάζει το σύστημα ως προς τις ενεργειακές, υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες αυξάνεται.

Στην περίπτωση της απόκρισης του συστήματος ως προς τις ενεργειακές ανάγκες, στα Σχήματα 5.39 και 5.40 παρουσιάζονται το ποσοστό κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης και η μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μία από τις πηγές ενέργειας. Σύμφωνα με τα μεγέθη αυτά και συγκριτικά με το αντίστοιχο σενάριο για τα 40 χρόνια, το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών από ΑΠΕ δεν εμφανίζει έντονη μεταβολή, καθώς αυξάνεται περίπου κατά 0.09%. Η πτώση αυτή του ΤΣΠ καλύπτεται από την αύξηση της συμβολής των ΑΓ και του ΥΗΕ κατά 0.04% και 0.05% αντίστοιχα. Οι αυξήσεις αυτές, όπως και στο σενάριο 1 για 20 χρόνια λειτουργίας, οφείλονται στον μικρότερο πληθυσμό, που εξυπηρετούν σε σχέση με τα 40 χρόνια.

Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών (%)

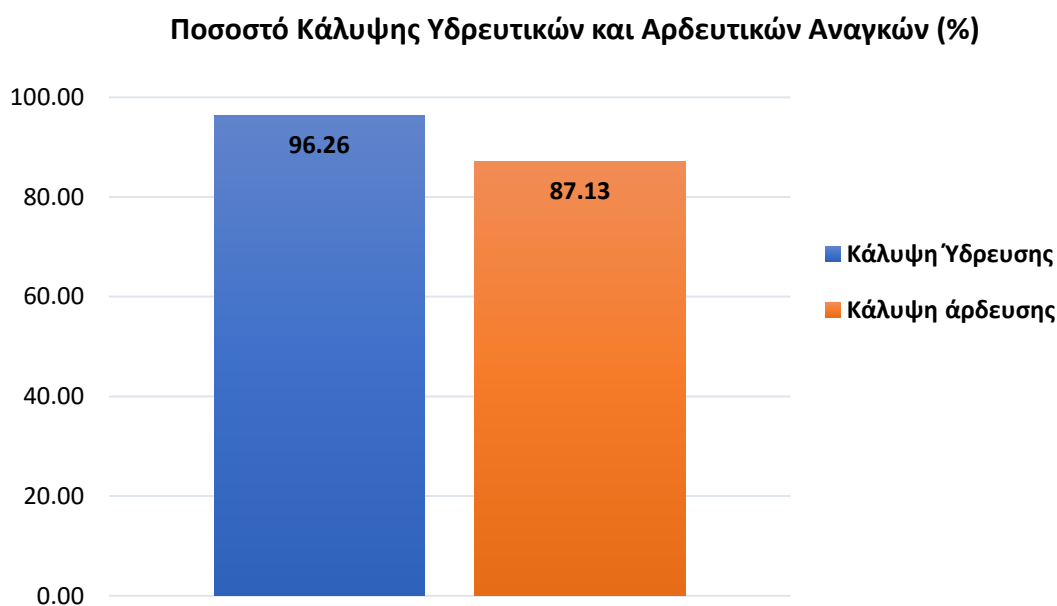


Σχήμα 5-39: Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών ανά μορφή ενέργειας



Σχήμα 5-40: Μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μορφή

Στην περίπτωση της ύδρευσης και άρδευσης, το σύστημα φαίνεται να πετυχαίνει σημαντική βελτίωση στην αξιοπιστία της κάλυψης τους, παρόλο που δεν αποτελεί προτεραιότητα του, η οποία και φαίνεται στο Σχήμα 5.41.



Σχήμα 5-41: Ποσοστό κάλυψης υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών

Με βάση τα παραπάνω, εμφανίζεται αύξηση της αξιοπιστίας ως προς την ύδρευση και την άρδευση κατά περίπου 10% και 23% αντίστοιχα. Η σημαντική αυτή βελτίωση της αξιοπιστίας είναι αποτέλεσμα των μειωμένων ενεργειακών και υδρευτικών αναγκών, συγκεντρωτικά για τα 20 χρόνια έναντι των 40. Οι μειωμένες ενεργειακές ανάγκες συμβάλλουν στην επιπλέον ενέργεια για παραγωγή αφαλατωμένου νερού και τελικά σε μεγαλύτερο όγκο πόσιμου νερού στον ταμιευτήρα. Παρόλο που η

κάλυψη της ύδρευση αποτελεί προτεραιότητα έναντι αυτής της άρδευσης, το ποσοστό βελτίωσης στην αξιοπιστία της άρδευσης είναι κατά 13% μεγαλύτερο από αυτό της ύδρευσης. Αυτό εξηγείται καθώς ο όγκος του αφαλατωμένου νερού στον ταμιευτήρα είναι για αρκετά μεγάλο διάστημα μεγαλύτερος από 25000 m³, τα οποία ορίζονται αποκλειστικά για ύδρευση. Σε συνδυασμό με τις μειωμένες υδρευτικές ανάγκες, ο ταμιευτήρας αφαλατωμένου νερού διαθέτει αρκετό όγκο, συνολικά για τα 20 έτη λειτουργίας, ώστε να αυξήσει συνολικά την αξιοπιστία του στην κάλυψη των υδατικών αναγκών κατά 33% περίπου.

Τελικά, προκύπτει πως σε σχέση με το αντίστοιχο σενάριο με χρονικό ορίζοντα 40 ετών, το παρόν εμφανίζει αξιοσημείωτη αύξηση της αξιοπιστίας του, κυρίως ως προς την ύδρευση και άρδευση. Από την άλλη, η απόκριση του συστήματος στο ενεργειακό ζήτημα δε φαίνεται να μεταβάλλεται ιδιαίτερα, ενώ εξακολουθεί να διατηρεί ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σχεδόν πάνω από 86%.

5.4 Ανάλυση Κόστους – Οφέλους

Ως ανάλυση κόστους – οφέλους ενός έργου ορίζεται η ποσοτική μέθοδος, που εκτιμά την αξία των χρημάτων των συνολικών οφελών και κόστους κατά τον πλήρη κύκλο ζωής ενός έργου. Οι δύο βασικές αρχές της ανάλυσης αυτής είναι ύπαρξη κοινής μονάδας μέτρησης καθώς και η μεταφορά των παρούσων αξιών στο χρόνο. Η ανάλυση βασίζεται στον κανόνα της καθαρής παρούσας αξίας, καθώς θεωρείται μια πολύ ικανοποιητική προσέγγιση για την αξιολόγηση και επιλογή πιθανών επενδυτικών έργων. Επιπρόσθετα, η προσέγγιση της καθαρής παρούσας αξίας λαμβάνει υπόψη τις κύριες παραμέτρους που χρησιμοποιούνται από το σύνολο των μικροοικονομικών μοντέλων, όπως τους οικονομικούς πόρους (το κεφάλαιο), την οικονομική δραστηριότητα (τη χρηματοροή) και το οικονομικό χρονοδιάγραμμα (τον κύκλο ζωής του έργου) (Σκουληκάρης, 2008).

Τέλος, στη συνέχεια του κεφαλαίου 5.4 περιγράφονται οι οικονομικοί όροι που υπάγονται στην παρούσα μελέτη, και αξιολογούνται οικονομικά τα προαναφερθέντα σενάρια με την εφαρμογή της προσέγγισης της καθαρής παρούσας αξίας.

5.4.1 Οικονομικές Έννοιες

Ως κεφάλαιο ορίζεται το οικονομικό αγαθό, εκφρασμένο σε χρηματικές μονάδες, το οποίο έχει την ικανότητα να παράγει άλλα αγαθά. Στην προκειμένη, αποτελεί το απαιτούμενο χρηματικό ποσό, μέχρι την έναρξη λειτουργίας των μονάδων.

Ο τόκος είναι η απόδοση (αύξηση) του κεφαλαίου για μία χρονική περίοδο.

Το επιτόκιο είναι ο τόκος του κεφαλαίου για μία νομισματική μονάδα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Ως χρηματοροή (cash flow) ορίζεται το χρηματικό ποσό που εισέρχεται ή εξέρχεται από μία οικονομική μονάδα (επιχείρηση, νοικοκυριό) μία χρονική στιγμή. Τα έσοδα

αποτελούν τις θετικές χρηματοροές και τα έξοδα τις αρνητικές, ενώ η διαφορά τους αποτελεί τις καθαρές χρηματοροές.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) ή Net Present Value (NPV) είναι η αξία που προκύπτει από την προεξόφληση στο παρόν όλων των ετήσιων καθαρών χρηματοροών, που προβλέπονται σε ολόκληρο το χρονικό ορίζοντα ζωής μίας επένδυσης.

$$\text{ΚΠΑ} = \left[\sum_{\tau=1}^v \frac{\text{ΚΤΡ}_{\tau}}{(1+\varepsilon)^{\tau}} \right] - E_0 \quad (5.1)$$

όπου,

ΚΤΡ: η καθαρή ταμειακή ροή, δηλαδή η διαφορά εσόδων – εξόδων σε κάθε περίοδο

ε : το επιτόκιο προεξόφλησης

v : η διάρκεια ζωής του έργου σε έτη

E_0 : η αρχική επένδυση

Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return – IRR) είναι δείκτης ο οποίος εκφράζει το επιτόκιο προεξόφλησης, στο οποίο η ΚΠΑ μηδενίζεται. Το επιτόκιο αυτό (ε) αποδίδει την εσωτερική αποδοτικότητα της επένδυσης (IRR) και υπολογίζεται από την επίλυση της εξίσωσης 5.2:

$$\text{ΚΠΑ} = 0 = \left[\sum_{\tau=1}^v \frac{\text{ΚΤΡ}_{\tau}}{(1+\text{IRR})^{\tau}} \right] - E_0 \quad (5.2)$$

Το επιτόκιο προεξόφλησης ενσωματώνει, τελικά, το ρίσκο που αναλαμβάνει ένας επενδυτής για να πραγματοποιήσει έργο. Πιο συγκεκριμένα:

- Αν $\text{IRR} > \varepsilon$, τότε η απόδοση της επένδυσης είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση εγκρίνεται, καθώς είναι οικονομικά βιώσιμη.
- Αν $\text{IRR} < \varepsilon$, τότε η απόδοση της επένδυσης είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση απορρίπτεται, γιατί είναι ασύμφορη.
- Αν $\text{IRR} = \varepsilon$, τότε η επένδυση είναι οριακή και ενδεχομένως να μην αποφέρει κέρδη.

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των πάγιων περιουσιακών στοιχείων μιας επένδυσης, όπως είναι ένα κτήριο ή ένα μηχάνημα, λόγω φθοράς ή τεχνολογικής απαξίωσης αντίστοιχα, και θεωρητικά επιτρέπουν τη σταδιακή ανάκτηση του κόστους αγοράς των παγίων και την αντικατάστασή του μετά το τέλος της ζωής τους. Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων του κάθε στοιχείου πρέπει να είναι γνωστά το αρχικό κόστος επένδυσης, ο χρήσιμος χρόνος ζωής και η υπολειμματική του αξία. Στην πράξη, χρησιμοποιείται η μέθοδος του σταθερής απόσβεσης, κατά την οποία ο συντελεστής απόσβεσης είναι σταθερός κάθε χρόνο και ο υπολογισμός με βάση το συντελεστή γίνεται πάντοτε από την αρχική αξία του περιουσιακού στοιχείου (<https://www.euretirio.com/aposvesi-depreciation/>).

Το συνολικό κόστος μιας επένδυσης σπάνια, αν όχι ποτέ, καλύπτεται αποκλειστικά από κεφάλαια του επενδυτή (ίδια κεφάλαια). Ουσιαστικά, ο επενδυτής αναζητά και άλλες πηγές χρηματοδότησης, όπως επιχορηγήσεις, στην περίπτωση που υπάρχει για τη συγκεκριμένη επένδυση και για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή τέτοια

δυνατότητα, ή δάνεια από πιστωτικά ιδρύματα (ξένα ή δανειακά κεφάλαια). Το δανειζόμενο κεφάλαιο επιστρέφεται σταδιακά με την αμοιβή του δανειστή. Με τη διαδικασία αυτή, σχετίζονται η έννοια του χρεολυσίου, που είναι η επιστροφή του κεφαλαίου και ο τόκος που υπολογίζεται βάσει του επιτοκίου δανεισμού και του προς αποπληρωμή κεφαλαίου και αποτελεί στην ουσία την αμοιβή του κεφαλαίου. Η μέθοδος αποπληρωμής ενός δανείου γίνεται είτε με σταθερό χρεολύσιο ή με σταθερό τοκοχρεολύσιο, που αποτελεί τον πλέον συνηθισμένο. Ο υπολογισμός του τοκοχρεολυσίου γίνεται μέσω της σχέσης 5.3:

$$T. \Delta. = \left[\varepsilon \cdot (1 + \varepsilon)^n / ((1 + \varepsilon)^n - 1) \right] \cdot K \quad (5.3)$$

όπου,

T.Δ.: η τοκοχρεωλυτική δόση

ε: το επιτόκιο δανεισμού

n: περίοδοι αποπληρωμής του δανεισμού (αριθμός δόσεων)

K: το κεφάλαιο δανεισμού.

5.4.2 Εκτίμηση Συνολικού Κόστους Κατασκευής Έργου

Η Λέρος διαθέτει μέρος των απαραίτητων υποδομών του ΥΣ, του οποίου εξετάζεται η κατασκευή, καθώς έχουν εγκατασταθεί και βρίσκονται ήδη σε λειτουργία ένα αιολικό πάρκο, αποτελούμενο από 7 Α/Γ, και 2 μονάδες αφαλάτωσης συνολικής δυναμικότητας 2000 m³. Ωστόσο, η ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας του συστήματος λαμβάνει χώρα τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση του νησιού, όσο και για τη θεωρητική κατάσταση, στην οποία το έργο κατασκευάζεται εξ' ολοκλήρου από την αρχή.

Στους Πίνακες 5.8 και 5.9, παρουσιάζονται τα κόστη εξοπλισμού και εγκατάστασης του υβριδικού έργου για την υφιστάμενη και τη θεωρητική κατάσταση του νησιού αντίστοιχα, τα οποία βασίζονται σε εκτιμήσεις, έπειτα από έρευνα κόστους εξοπλισμού και εγκατάσταση αντίστοιχων έργων (M. Bertsiou, 2016). Όπως είναι λογικό, το συνολικό κόστος κατασκευής του έργου είναι μεγαλύτερο στην περίπτωση της θεωρητικής κατάστασης, αφού συμπεριλαμβάνεται, η εκ νέου κατασκευή και εγκατάσταση του αιολικού πάρκου και της μονάδας αφαλάτωσης.

Πίνακας 5-8: Πίνακας εκτιμώμενων δαπανών προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού – Υφιστάμενη κατάσταση

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΗ ΛΕΡΟ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ (*10 ⁶ €)
1	Δαπάνες Μελετών-Επιβλέψεων-Αδειοδοτήσεων	
	Αρχιτεκτονική & Η/Μ μελέτες, Αδειοδότηση, Επιβλέψεις	0.13
2	Αντλιοστάσιο	
	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	0.25
3	Δεξαμενές	
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	3.00
4	Υδροστρόβιλος	
	Πλήρης εξοπλισμός υδροστρόβιλου (υδροστρόβιλος, μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης)	0.70
	Αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	0.08
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	0.02
	ΣΥΝΟΛΟ	4.18
	ΦΠΑ (24%)	1.00
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ	5.18

Πίνακας 5-9: Πίνακας εκτιμώμενων δαπανών προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού – Θεωρητική κατάσταση

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΗ ΛΕΡΟ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ (*10 ⁶ €)
1	Δαπάνες Μελετών-Επιβλέψεων-Αδειοδοτήσεων	
	Αρχιτεκτονική & Η/Μ μελέτες, Αδειοδότηση, Επιβλέψεις	0.125
2	Μονάδα αφαλάτωσης	
	Διαμόρφωση γηπέδου εγκατάστασης ΜΑ, δρόμος προσπέλασης, κατασκευή βάσεων για τον εξοπλισμό και υποδομές, περίφραξη, φωτισμός και μέτρα ασφαλείας	0.07
	Φρεάτιο άντλησης θαλασσινού νερού, φίλτρο, σωλήνες προσαγωγής - επιστροφής, εργασίες στη θάλασσα, σωλήνες τροφοδότησης	0.06
	Εξοπλισμός: προεπεξεργασίας, φίλτρα, αντλιοστάσια θαλ/νού νερού, δεξαμενή, containers, μονάδες αφαλάτωσης ΑΩ	0.7
	Μεταφορά - εγκατάσταση εξοπλισμού	0.1
	Προμήθεια περονοφόρου ανυψωτικού μηχανήματος (fork-lift)	0.012
	Δοκιμές, θέση σε λειτουργία (commissioning)	0.025
	Αποκατάσταση και βελτίωση περιβάλλοντος χώρου	0.01
	Εκπαίδευση	0.01
3	Αντλιοστάσιο	
	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	0.25
4	Δεξαμενές	
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	3
5	Υδροστρόβιλος	
	Πλήρης εξοπλισμός υδροστρόβιλου (υδροστρόβιλος, μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης)	0.7
	Αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	0.08
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	0.02
6	Ανεμογεννήτριες	
	Πλήρης εξοπλισμός ανεμογεννητριών AN BONUS 600 MK4 (μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης, γερανοί ανέγερσης)	5.5
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	0.05
	Εκπαίδευση προσωπικού	0.01
	ΣΥΝΟΛΟ	10.72
	ΦΠΑ (24%)	2.57
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ	13.30

5.4.3 Εκτίμηση Ετήσιων Δαπανών Λειτουργίας και Συντήρησης της Εγκατάστασης

Όσον αφορά στις δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης της εγκαταστάσεων του συστήματος, αυτές είναι κοινές για την υφιστάμενη και τη θεωρητική κατάσταση που εξετάζονται. Στον Πίνακα 5.10 παρουσιάζονται τα ετήσια κόστη λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, τα οποία βασίζονται, επίσης, σε εκτιμήσεις, έπειτα από αντίστοιχη έρευνα.

Πίνακας 5-10: Πίνακας εκτιμώμενων δαπανών ετήσιας λειτουργίας και συντήρησης έργου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΕΤΗΣΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΗ ΛΕΡΟ		
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ (*10 ⁶ €)
1	Δαπάνες Διοίκησης – Διαχείρισης Έργου	
	Αμοιβή προσωπικού διαχείρισης	0.08
2	Μονάδα Αφαλάτωσης	
	Συντήρηση μονάδας, χημική λειτουργίας και καθαρισμού, αντικατάσταση μεμβρανών	0.10
	Δαπάνες προσωπικού, λειτουργία-συντήρηση-ασφάλεια	0.05
3	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	
	Συντήρηση του εξοπλισμού, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	0.01
4	Δεξαμενές	
	Συντήρηση, αναλώσιμα	0.03
5	Υδροστρόβιλος	
	Συντήρηση μονάδας, αναλώσιμα	0.01
6	Ανεμογεννήτριες	
	Συντήρηση μονάδας, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	0.01
	Δαπάνες προσωπικού, λειτουργία-συντήρηση-ασφάλεια	0.04
	ΣΥΝΟΛΟ	0.33
	ΦΠΑ (24%)	0.08
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ	0.41

5.4.4 Αξιολόγηση Επένδυσης

Αρχή της αξιολόγησης αποτελεί ο προσδιορισμός του χρονικού ορίζοντα του έργου, δηλαδή της διάρκειας ζωής του τεχνικού εξοπλισμού. Στην παρούσα μελέτη, εξετάζονται σενάρια με χρονικό ορίζοντα 40 και 20 ετών, επομένως ακολουθείται αξιολόγηση της επένδυσης και για τις δύο περιπτώσεις. Παράλληλα, σύμφωνα με το κεφάλαιο 5.4.2, η οικονομική βιωσιμότητα του ΥΣ εξετάζεται για την υφιστάμενη και τη θεωρητική κατάσταση της Λέρου.

Τελικά, με βάση τα παραπάνω, στη συνέχεια αξιολογούνται οι εξής επενδύσεις ενδεικτικά του πρώτου σεναρίου:

1. Με χρονικό ορίζοντα 40 ετών για την υφιστάμενη κατάσταση του νησιού.
2. Με χρονικό ορίζοντα 40 ετών για τη θεωρητική κατάσταση του νησιού.
3. Με χρονικό ορίζοντα 20 ετών, σύμφωνα και με το Ταμείο Καινοτομίας – Innovation Fund 2020, για την υφιστάμενη κατάσταση του νησιού.
4. Με χρονικό ορίζοντα 20 ετών, σύμφωνα και με το Ταμείο Καινοτομίας – Innovation Fund 2020, για τη θεωρητική κατάσταση του νησιού.

Στις παραπάνω περιπτώσεις, γίνονται ορισμένες κοινές παραδοχές. Αρχικά, τα έσοδα της επένδυσης προκύπτουν από την πώληση της ενέργειας και του νερού, ενώ τα έξοδα από την αγορά της ενέργειας και του νερού που απαιτούνται για κάλυψη του ελλείμματος. Η τιμή πώληση ενέργειας, σύμφωνα με το θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ ([Νόμος 3468/2006](#)) ορίζεται στα 0.0875 €/kWh, ενώ η τιμή αγοράς από τον ΤΣΠ της Κω ανέρχεται περίπου στα 0.25 €/kWh. Αντίστοιχα, η τιμή πώλησης αφαλατωμένου νερού κυμαίνεται μεταξύ 0.24 και 2.00 €/m³ (Αγγελάκης, 2015), ενώ η αγορά και μεταφορά πόσιμου νερού με υδροφόρες αγγίζει συνήθως μέχρι και την τιμή των 12 €/m³. Συνεπώς, για κάθε περίπτωση χρησιμοποιείται η ετήσια συνολική παραγωγή ενέργειας και αφαλατωμένου νερού για υπολογισμό των εσόδων, καθώς και το ετήσιο έλλειμά τους για τον υπολογισμό των εξόδων.

Τέλος, ο συντελεστής φορολογίας των καθαρών κερδών λαμβάνεται ίσος με 35% και το επιτόκιο προεξόφλησης με 3%. Η απόσβεση του έργου ορίζεται σε διάρκεια 10 ετών, με ετήσιο σταθερό συντελεστή απόσβεσης $1/10 = 10\%$. Επιπρόσθετα, στον υπολογισμό των αποσβέσεων, δεν υπολογίζονται στο συνολικό κόστος τα χρήματα που έχουν δίνονται ως επιχορήγηση. Η υπολειμματική αξία του έργου θεωρείται μηδενική, καθώς γίνεται η παραδοχή πως το κράτος παραχωρεί δικαίωμα εκμετάλλευσης σε μια ιδιωτική εταιρεία για ορισμένο χρόνο και μετά την παρέλευση του χρόνου αυτού, το έργο μεταβιβάζεται πάλι στο κράτος, το οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί το ίδιο το έργο ή να το παραχωρήσει πάλι σε άλλη εταιρεία.

5.4.4.1 Αξιολόγηση 1ης Περίπτωσης

Το ύψος της επένδυσης στην εξεταζόμενη περίπτωση ανέρχεται στα $5.18 \cdot 10^6$ €, ενώ η χρηματοδότηση του έργου καλύπτεται από επιχορήγηση, τραπεζικό δάνειο και ίδια συμμετοχή. Η επιχορήγηση δίνεται από επιχειρησιακό πρόγραμμα για την προώθηση των ΑΠΕ στα νησιά και είναι ορίζεται ως το 40% του συνολικού κόστους, ήτοι $2.07 \cdot 10^6$ €. Το τραπεζικό δάνειο λαμβάνεται για το 40% της επένδυσης, δηλαδή $2.07 \cdot 10^6$ € και τέλος, η ίδια συμμετοχή ανέρχεται στο 20%, που αντιστοιχεί σε $1.04 \cdot 10^6$ €.



Σχήμα 5-42: Διάρθρωση αποπληρωμής επένδυσης 1ης περίπτωσης

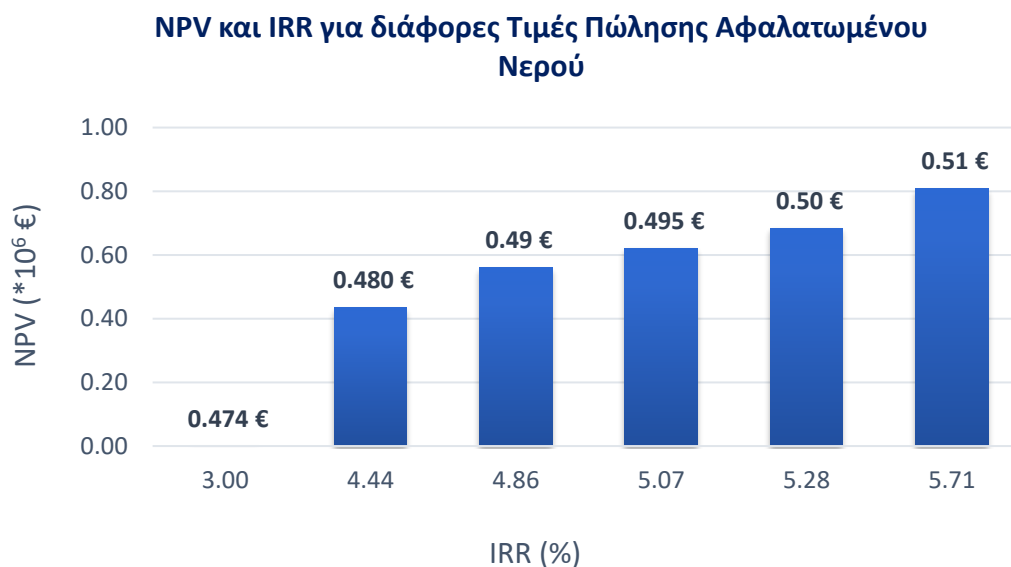
Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 5.4.1, η αποπληρωμή του δανείου πραγματοποιείται με τη μέθοδο των ισοτοκοχρεολυσίων, ενώ η περίοδος αποπληρωμής του θεωρείται ίση με 10 έτη και το επιτόκιο ίσο με 7.5%. Έτσι, σύμφωνα με τη σχέση 5.3, το τοκοχρεολύσιο υπολογίζεται στα $0.3 \cdot 10^6$ €, βάσει του οποίου, στον Πίνακα 5.11, παρουσιάζεται η αποπληρωμή του δανείου.

Πίνακας 5-11: Αποπληρωμή δανείου 1ης περίπτωσης

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (*10 ⁶ €)	Χρεολύσιο (*10 ⁶ €)	Τόκοι (*10 ⁶ €)	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (*10 ⁶ €)
0				2.07
1	0.30	0.15	0.16	1.92
2	0.30	0.16	0.14	1.77
3	0.30	0.17	0.13	1.60
4	0.30	0.18	0.12	1.42
5	0.30	0.20	0.11	1.22
6	0.30	0.21	0.09	1.01
7	0.30	0.23	0.08	0.78
8	0.30	0.24	0.06	0.54
9	0.30	0.26	0.04	0.28
10	0.30	0.28	0.02	0.00
Σύνολο	3.02	2.07	0.95	

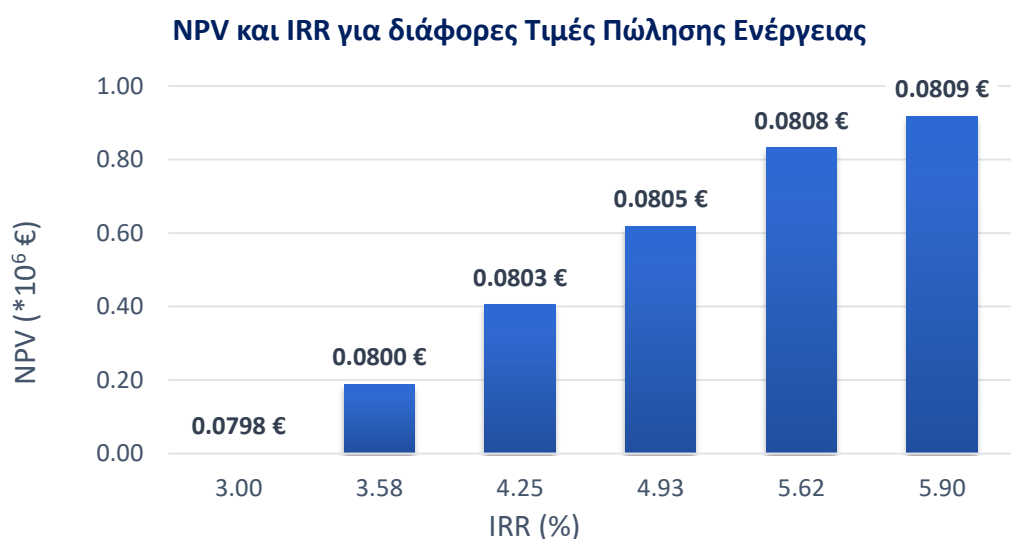
Με βάση τις παραδοχές που αναφέρονται στο κεφάλαιο 5.4.4, για σταθερή την τιμή πώλησης της ενέργειας στα 0.0875 €/kWh, η ΚΠΑ στην επένδυση μηδενίζεται για την τιμή 0.474 €/m³, οπότε και για την τιμή αυτή ο IRR ισούται με το επιτόκιο και η επένδυση χαρακτηρίζεται οριακά συμφέρουσα. Στο Σχήμα 5.43, παρουσιάζεται η

σχέση ανάμεσα σε NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης του νερού, ώστε να καταστεί εμφανής η αποδοτικότητα του έργου ανάλογα με την τιμή του κυβικού.



Σχήμα 5-43: NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης αφαλατωμένου νερού

Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται και στην περίπτωση που επιλέγεται ως μεταβλητή η τιμή πώλησης της ενέργειας. Με σταθερή τιμή πώλησης του κυβικού στα 0.975 €/m³, προκύπτει πως η NPV μηδενίζεται για 0.0798 €/kWh, καθιστώντας, έτσι, την επένδυση οριακά συμφέρουσα. Στο Σχήμα 5.44, παρουσιάζεται το αντίστοιχο διάγραμμα της NPV και του IRR για διάφορες τιμές της ενέργειας, με σκοπό να φανεί η αποδοτικότητα του έργου ανάλογα με την τιμή πώλησης της κιλοβατώρας.



Σχήμα 5-44: NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης ενέργειας

Παρατηρείται πως το μεγάλο μέγεθος ενέργειας και νερού που παράγεται δίνει τη δυνατότητα στο σύστημα, να διατηρεί χαμηλές τις τιμές πώλησης τους, ενώ παράλληλα καθιστά την επένδυση αρκετά συμφέρουσα. Αυτό φαίνεται, επίσης, από

το γεγονός πως για μικρή αύξηση στην τιμή πώλησης είτε του νερού, είτε της ενέργειας, η καθαρή παρούσα αξία αυξάνεται σημαντικά. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως συγκριτικά με την πώληση του νερού και της ενέργειας, στην περίπτωση της τελευταίας, μικρές μεταβολές στην τιμή πώλησης της επηρεάζουν πιο έντονα την NPV. Ενδεικτικά, για αύξηση της NPV περίπου 200000 € απαιτείται αύξηση 0.0003 €/kWh στην πώληση ενέργειας, ενώ για την πώληση νερού, αντίστοιχα, απαιτείται τουλάχιστον 0.015 €/m³.

5.4.4.2 Αξιολόγηση 2ης Περίπτωσης

Στην περίπτωση της θεωρητικής κατάστασης, όπου πραγματοποιείται, εκτός των άλλων, και εγκατάσταση αιολικού πάρκου και μονάδας αφαλάτωσης, το ύψος της επένδυσης αυξάνεται κατακόρυφα αγγίζοντας τα $13.30 * 10^6$ €. Ακολουθείται το ίδιο μοτίβο επιχορήγησης, ωστόσο η ίδια συμμετοχή ανέρχεται στο 10% του συνολικού κόστους, ώστε το μέγεθος της να είναι της τάξης του ενός εκατομμυρίου ευρώ και να είναι παρόμοιο σε όλες τις περιπτώσεις. Προκύπτει, λοιπόν ανάγκη δανείου του 50% του κόστους, που αντιστοιχεί σε $6.65 * 10^6$ €. Στο Σχήμα 5.45, παρουσιάζεται η προκύπτει η διάρθρωση αποπληρωμής της επένδυσης για την παρούσα επένδυση.



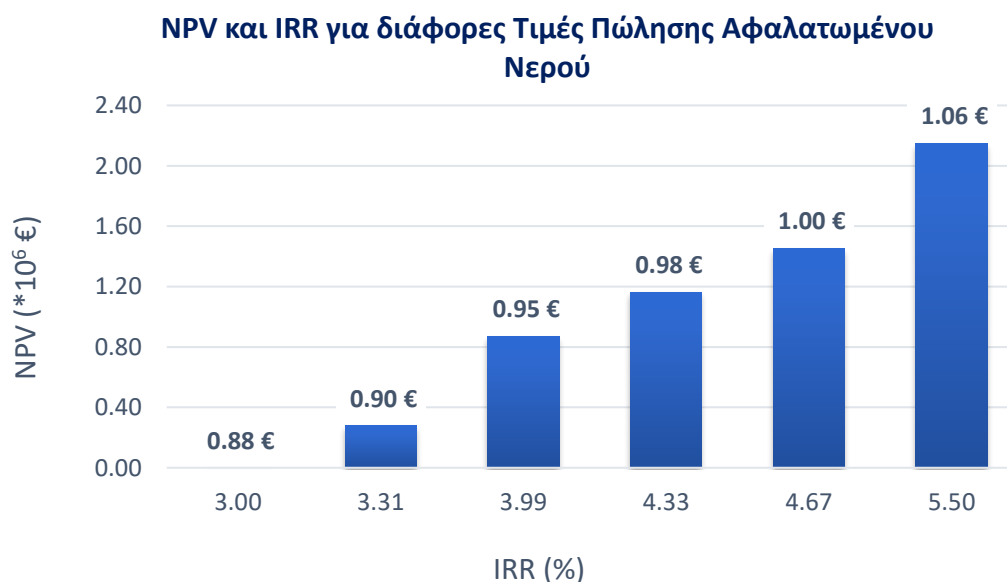
5-45: Διάρθρωση αποπληρωμής επένδυσης 2ης περίπτωσης

Στον Πίνακα 5.12, παρουσιάζεται η αποπληρωμή του δανείου, που πραγματοποιήθηκε, επίσης, με τη μέθοδο των ισοτοχρεολυσίων, των οποίων η τιμή υπολογίστηκε ίση με $0.97 * 10^6$ €.

Πίνακας 5-12: Αποπληρωμή δανείου 2ης περίπτωσης

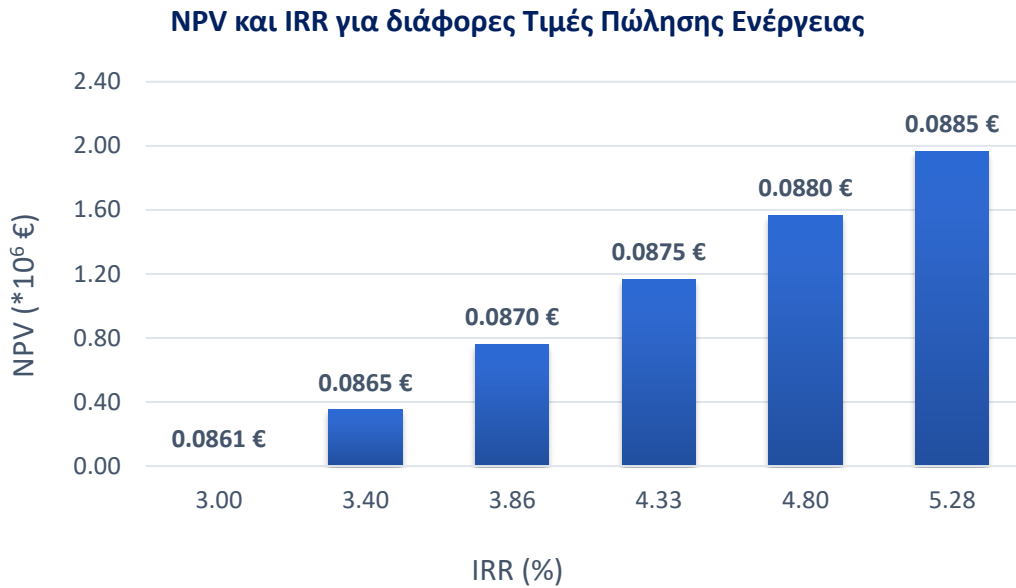
Έτος	Τοκοχρεολύσιο (*10 ⁶ €)	Χρεολύσιο (*10 ⁶ €)	Τόκοι (*10 ⁶ €)	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (*10 ⁶ €)
0				6.65
1	0.97	0.47	0.50	6.18
2	0.97	0.51	0.46	5.67
3	0.97	0.54	0.43	5.13
4	0.97	0.58	0.38	4.55
5	0.97	0.63	0.34	3.92
6	0.97	0.67	0.29	3.24
7	0.97	0.73	0.24	2.52
8	0.97	0.78	0.19	1.74
9	0.97	0.84	0.13	0.90
10	0.97	0.90	0.07	0.00
Σύνολο	9.68	6.65	3.04	

Με σταθερή την πώληση της ενέργειας στα 0.0875 €/kWh, προκύπτει μηδενισμός της NPV για τιμή πώλησης του νερού στα 0.88 €/m³. Συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση, παρατηρείται σχεδόν διπλάσια τιμή πώλησης του κυβικού για να είναι οριακά συμφέρουσα η επένδυση. Αυτό εξηγείται από το γεγονός πως στη θεωρητική κατάσταση το κόστος επένδυσης είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό της υφιστάμενης. Στο Σχήμα 5.46, παρουσιάζεται το διάγραμμα της NPV και του IRR για διάφορες τιμές πώλησης του νερού.



Σχήμα 5-46: NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης αφαλατωμένου νερού

Αντίστοιχα, για σταθερή τιμή πώλησης του κυβικού στα 0.975 €/m³, η NPV φαίνεται να μηδενίζεται για τιμή πώλησης της κλοβατώρας 0.0861 €/kWh. Στο Σχήμα 5.47, φαίνονται η μεταβολή των τιμών της NPV και του IRR για διάφορες τιμές πώλησης της ενέργειας.



Σχήμα 5-47: NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης της ενέργειας

Όπως και στην πρώτη περίπτωση, μικρότερες μεταβολές στην τιμή της κιλοβατώρας φαίνεται να έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στην NPV, σε σχέση με τις αντίστοιχες στην πώληση του νερού. Επιπλέον, παρατηρείται πως οι τιμές της NPV για κάθε IRR είναι αισθητά μεγαλύτερες, από αυτές της υφιστάμενης κατάστασης για τα αντίστοιχα IRR. Αυτό οφείλεται στο μεγάλο κόστος επένδυσης της θεωρητικής κατάστασης, οπότε και απαιτείται μεγαλύτερη NPV για να καταστεί η επένδυση συμφέρουσα.

5.4.4.3 Αξιολόγηση 3ης Περίπτωσης

Στις ακόλουθες δύο περιπτώσεις που εξετάζονται, η επιχορήγηση δίνεται από το Ταμείο Καινοτομίας – Innovation Fund, το οποίο υποστηρίζει έως και το 60% του πρόσθετου κεφαλαίου και των λειτουργικών δαπανών που συνδέονται με την καινοτομία. Το υπόλοιπο 40% της επένδυσης ισομοιράζεται σε ίδιο κεφάλαιο και δάνειο, ώστε το ίδιο κεφάλαιο να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τις άλλες περιπτώσεις, δηλαδή του ενός εκατομμυρίου. Προκύπτει, τελικά, η αποπληρωμή της επένδυσης όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.48.



Σχήμα 5-48: Διάρθρωση αποπληρωμής επένδυσης 3ης περίπτωσης

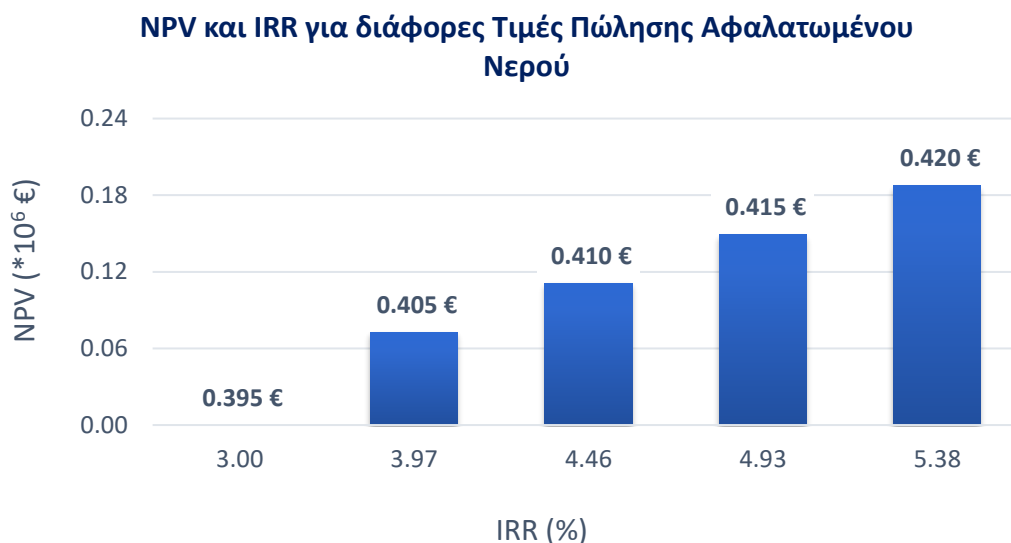
Η αποπληρωμή του δανείου γίνεται επίσης με τη μέθοδο των ισοτοκοχρεολυσίων και για τις περιπτώσεις των 20 ετών λειτουργίας. Στον Πίνακα 5.13, παρουσιάζεται η αποπληρωμή του δανείου, όπου για την παρούσα περίπτωση, το ισοτοκοχρεολύσιο υπολογίζεται ίσο με $0.15 * 10^6$ €.

Πίνακας 5-13: Αποπληρωμή δανείου 3ης περίπτωσης

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (*10 ⁶ €)	Χρεολύσιο (*10 ⁶ €)	Τόκοι (*10 ⁶ €)	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (*10 ⁶ €)
0				1.04
1	0.15	0.07	0.08	0.96
2	0.15	0.08	0.07	0.88
3	0.15	0.08	0.07	0.80
4	0.15	0.09	0.06	0.71
5	0.15	0.10	0.05	0.61
6	0.15	0.11	0.05	0.51
7	0.15	0.11	0.04	0.39
8	0.15	0.12	0.03	0.27
9	0.15	0.13	0.02	0.14
10	0.15	0.14	0.01	0.00
Σύνολο	1.51	1.04	0.47	

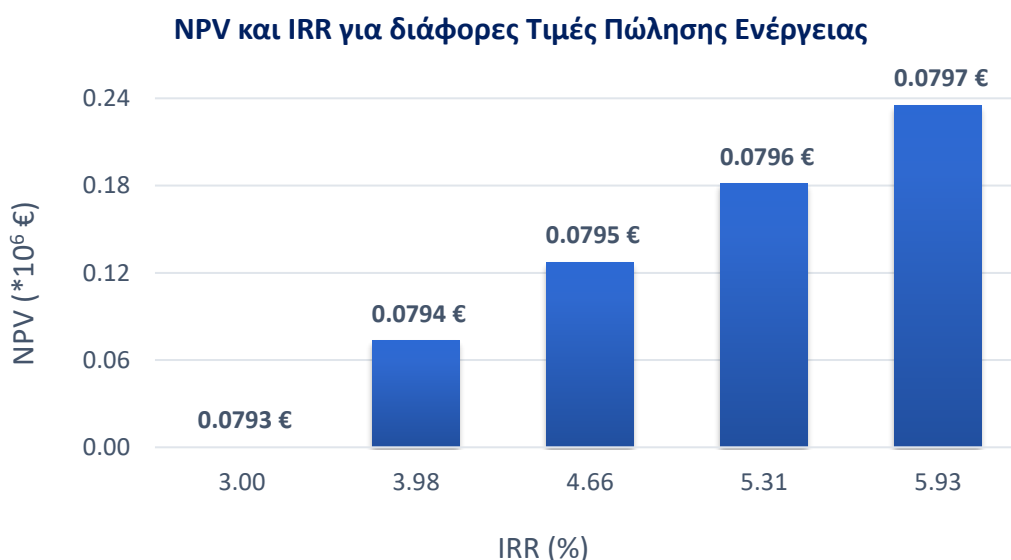
Με σταθερή την τιμή πώλησης της ενέργειας στα 0.0875 €/kWh, η NPV μηδενίζεται για τιμή πώλησης του κυβικού στα 0.395 €/m³. Συγκριτικά με την πρώτη περίπτωση που αφορά επίσης την υφιστάμενη κατάσταση, παρατηρείται μικρότερη τιμή πώλησης του νερού για την οποία μηδενίζεται η NPV. Αυτό συμβαίνει καθώς χρηματοδοτείται μεγαλύτερο μέρος της επένδυσης και συνεπώς απαιτείται μικρότερη NPV για να καταστεί η επένδυση είναι συμφέρουσα. Στο Σχήμα 5.49

παρουσιάζεται η σχέση ανάμεσα σε NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης του νερού.



Σχήμα 5-49: NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης αφαλατωμένου νερού

Αντίστοιχα, για σταθερή τιμή πώλησης του κυβικού στα 0.975 €/m³, η επένδυση καθίσταται οριακά συμφέρουσα για τιμή πώλησης της ενέργειας 0.0793 €/kWh. Η τιμή αυτή, επίσης, είναι μικρότερη από την αντίστοιχη της πρώτης περίπτωσης, λόγω του μικρότερου κόστους που πρέπει να καλυφθεί από δάνειο. Στο Σχήμα 5.50, παρουσιάζεται το διάγραμμα της NPV και του IRR για διάφορες τιμές πώλησης της ενέργειας.



Σχήμα 5-50: NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης ενέργειας

Με βάση τα παραπάνω, συγκριτικά μεταξύ της 1ης και 3ης περίπτωσης, προκύπτει πως λόγω της μεγαλύτερης χρηματοδότησης, στην 3η περίπτωση, απαιτούνται μικρότερες NPV για επίτευξη των αντίστοιχων IRR.

5.4.4.4 Αξιολόγηση 4ης Περίπτωσης

Στην παρούσα και τελευταία περίπτωση, εξετάζεται η αξιολόγηση της επένδυσης στη θεωρητική κατάσταση του νησιού, με χρηματοδότηση η οποία λαμβάνεται από το ΙΦ και είναι της τάξης του 60%, ήτοι $7.98 \cdot 10^6$ €. Το δάνειο λαμβάνεται ίσο με το 30% της επένδυσης, ενώ από το ίδιο κεφάλαιο καλύπτεται το 10% της επένδυσης, ώστε να είναι της τάξης μεγέθους του ενός εκατομμυρίου. Στο Σχήμα 5.51, παρουσιάζεται η διάρθρωση αποπληρωμής της επένδυσης.



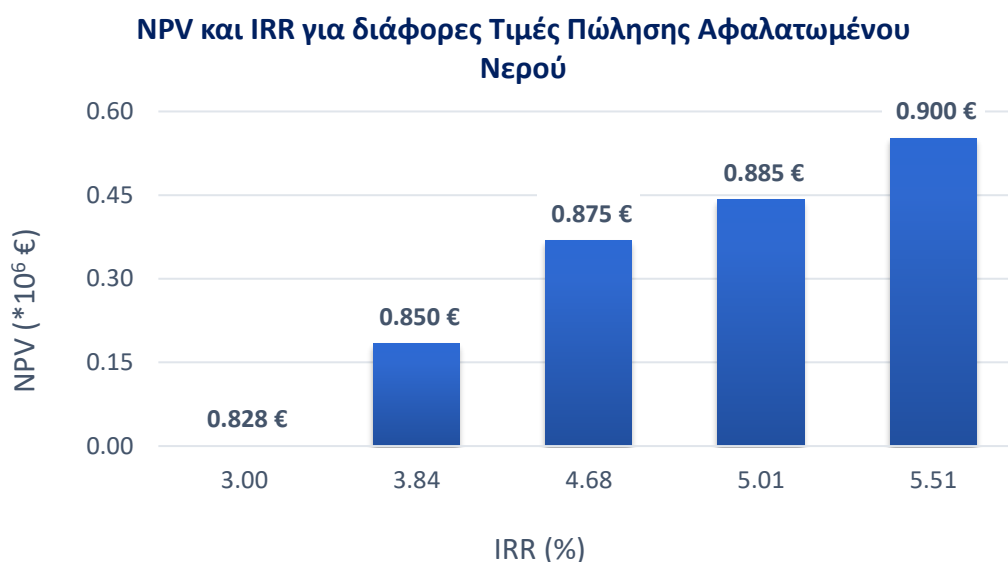
Σχήμα 5-51: Διάρθρωση αποπληρωμής επένδυσης 4ης περίπτωσης

Η αποπληρωμή του δανείου γίνεται με τη μέθοδο των ισοτοκοχρεολυσίων, η οποία και παρουσιάζεται παρακάτω στον Πίνακα 5.14.

Πίνακας 5-14: Αποπληρωμή δανείου 4ης περίπτωσης

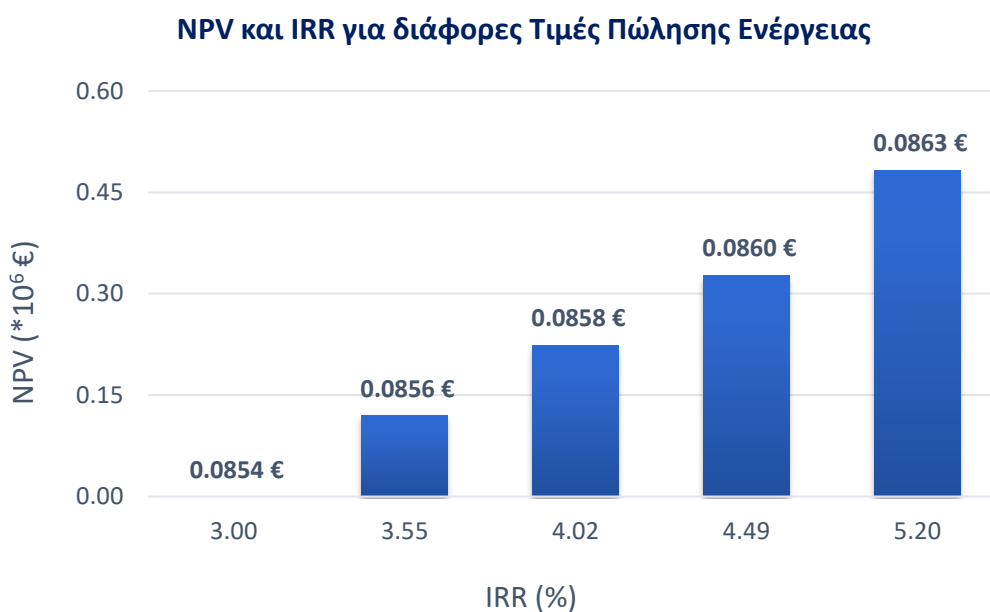
Έτος	Τοκοχρεολύσιο (*10 ⁶ €)	Χρεολύσιο (*10 ⁶ €)	Τόκοι (*10 ⁶ €)	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (*10 ⁶ €)
0				3.99
1	0.58	0.28	0.30	3.71
2	0.58	0.30	0.28	3.40
3	0.58	0.33	0.26	3.08
4	0.58	0.35	0.23	2.73
5	0.58	0.38	0.20	2.35
6	0.58	0.40	0.18	1.95
7	0.58	0.44	0.15	1.51
8	0.58	0.47	0.11	1.04
9	0.58	0.50	0.08	0.54
10	0.58	0.54	0.04	0.00
Σύνολο	5.81	3.99	1.82	

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, προσδιορίζεται πως με σταθερή την τιμή πώλησης ενέργειας στα 0.0875 €/kWh, η NPV μηδενίζεται και η επένδυση είναι οριακά συμφέρουσα για τιμή πώλησης του κυβικού στα 0.828 €/m³. Στο Σχήμα 5.52, παρουσιάζονται η σχέση μεταξύ της NPV και του IRR για διάφορες τιμές πώλησης του νερού.



Σχήμα 5-52: NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης αφαλατωμένου νερού

Επιπρόσθετα, η NPV φαίνεται να μηδενίζει για σταθερή τιμή πώλησης νερού στα 0.975 €/m³ και τιμή πώλησης της κιλοβατώρας στα 0.0854 €/kWh. Στο Σχήμα 5.53, παρουσιάζεται το διάγραμμα της NPV με τον IRR, για διάφορες τιμές πώλησης της ενέργειας.



Σχήμα 5-53: NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης ενέργειας

Τέλος, όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η επένδυση στην περίπτωση της χρηματοδότησης από το IF φαίνεται να είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα σε σχέση με τη 2η περίπτωση, αφού για μικρότερες τιμές πώλησης νερού και ενέργειας πετυχαίνει αντίστοιχες τιμές IRR.

6 Συμπεράσματα και Μελλοντική Έρευνα

6.1 Συμπεράσματα

Βασικός στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθείται για εφαρμογή Υβριδικών Συστημάτων με ΑΠΕ. Αρχικά, επιχειρείται μια συνοπτική παρουσίαση των Υβριδικών Έργων, των ΑΠΕ καθώς και της διαδικασίας της αφαλάτωσης, που χρησιμοποιούνται κυρίως στο παρόν τεχνικό έργο. Στη συνέχεια, αναλύεται η διαδικασία μόρφωσης του μοντέλου προσομοίωσης ενός υβριδικού έργου, το οποίο λαμβάνει χώρα στο νησί της Λέρου. Το παρόν ΥΣ απαρτίζεται από 7 Α/Γ, 2 μονάδες αφαλάτωσης και ένα μικρό ΥΗΕ, ενώ η μελέτη του γίνεται ως προς την κάλυψη των υδρευτικών, αρδευτικών και ηλεκτρικών αναγκών του νησιού. Η παραπάνω μοντελοποίηση του τεχνικού έργου περιλαμβάνει την ανάλυση και συλλογή ανεμολογικών και υδρολογικών δεδομένων, την εκτίμηση των προαναφερθέντων αναγκών, καθώς και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από αυτό.

Γενικότερα, συμπεραίνεται πως η απροσδιόριστη, ως προς το χρόνο και την ποσότητα, προσφορά ενέργειας των ΑΠΕ, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνέπειες που προκαλούν οι συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, έχει οδηγήσει στην έρευνα και την ανάπτυξη των ΥΣ. Τα τελευταία, εμφανίζουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας για αποθήκευση ενέργειας με χρήση ΑΠΕ φιλικών ως προς το περιβάλλον, ενώ βασικός τους στόχος είναι ο συνδυασμός διαφορετικών πηγών ενέργειας με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται συνεχής και σταθερή τροφοδοσία ενέργειας. Επιπλέον, τα ΥΣ μπορούν να αναπτυχθούν ως αυτόνομα και ανεξάρτητα συστήματα ή να ενσωματωθούν σε υπάρχον δίκτυο, μετά από απαραίτητες επεμβάσεις στο σύστημα. Απόρροια των παραπάνω, είναι η επιθυμητή εφαρμογή τους, σε απομακρυσμένες περιοχές ή μη διασυνδεδεμένα νησιά, όπως η Λέρος, όπου η σύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο θεωρείται αντιοικονομική επιλογή.

Επιπλέον, τα νησιά του Αιγαίου, εκ των οποίων και το νησί της Λέρου, αντιμετωπίζουν το σοβαρό πρόβλημα της έλλειψης υδατικών πόρων, θέτοντας σε κίνδυνο τους κατοίκους των νησιών, λόγω λειψυδρίας, αλλά και τη γεωργική, κτηνοτροφική, και τελικά την οικονομική ανάπτυξη τους. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται λόγω των περιορισμένων λεκανών απορροής που διαθέτουν τα νησιά, ενώ οξύνεται ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες λόγω αυξημένων αναγκών σε αρδευτικό νερό, όπως επίσης και λόγω της υψηλής τουριστικής επισκεψιμότητας. Το προαναφερθέν πρόβλημα είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί με τη διαδικασία της αφαλάτωσης, όπου είναι ευρέως διαδεδομένη και εφαρμόζεται τα τελευταία 40 χρόνια περίπου, με διάφορες μεθόδους. Από τις μεθόδους αυτές, στην Ελλάδα την αποκλειστικότητα κατέχει αυτή της αντίστροφης ώσμωσης, λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και της υψηλής παραγωγικότητας ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού. Επιπλέον, χαρακτηριστικό της ΑΩ είναι η καταλληλότητα που εμφανίζει στη σύνδεση της με

ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά. Με βάση το τελευταίο χαρακτηριστικό της, θεωρείται πολύ αποδοτική η ένταξη τέτοιας μονάδας αφαλάτωσης σε ΥΣ.

Από την ανάλυση της προσομοίωσης του ΥΣ στη Λέρο, βάσει των τεσσάρων εξεταζόμενων σεναρίων χρονικού ορίζοντα 40 ετών και 20 ετών, τα οποία εξετάζονται για το Ταμείο Καινοτομίας – Innovation Fund 2020, προκύπτουν τα ακόλουθα κύρια συμπεράσματα:

- Ο πληθυσμός της Λέρου αυξάνεται σημαντικά κατά τους θερινούς μήνες λόγω τουρισμού, ενώ γίνεται παραδοχή μικρής σταθερής γεωμετρικής αύξησης του πληθυσμού ετησίως, τόσο των κατοίκων όσο και των παραθεριστών/τουριστών, για ασφαλή διαστασιολόγηση του έργου. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι οι αντίστοιχες αυξήσεις σε υδρευτικές και ενεργειακές ανάγκες.
- Στη Λέρο βρίσκονται ήδη σε λειτουργία ένα αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 4.2 MW και δύο μονάδες αφαλάτωσης συνολικής δυναμικότητας 2000 m³/d. Επιπλέον, αν και σε αχρησία, έχει κατασκευαστεί φράγμα ωφέλιμου όγκου 785000 m³. Συνεπώς, εξετάζεται επιπλέον η κατασκευή ΥΗΕ και μελετάται ο συνδυασμός των προαναφερθέντων έργων με τη συμβατική μονάδα της Κω.
- Τα δεδομένα εισόδου στη μοντελοποίηση υβριδικών έργων αποτελούν φυσικά και υδρολογικά φαινόμενα, τα οποία διέπονται από μεταβλητότητα και εποχικότητα. Συνεπώς, για την καλύτερη δυνατή εκτίμηση και πρόβλεψη τους σε βάθος χρόνου, συνίσταται η χρήση πιθανοθεωρητικών και στατιστικών μεθόδων, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τα χαρακτηριστικά των φυσικών αυτών φαινομένων.
- Στο Σενάριο 1, στο οποίο προτεραιότητα αποτελεί η ύδρευση, παρατηρείται σχεδόν πλήρης κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών, ενώ η ενεργειακή κάλυψη του νησιού για τα 40 χρόνια λειτουργίας εμφανίζει ποσοστό σχεδόν 74%.
- Το Σενάριο 2 εμφανίζεται πιο αξιόπιστο στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού, όπου η ενέργεια αποτελεί τον πρωτεύοντα στόχο του συστήματος, καλύπτοντας περίπου το 84% των συνολικών αναγκών για τα 40 χρόνια. Από την άλλη, η κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών αγγίζει περίπου το 86% και 64% αντίστοιχα.
- Η μειωμένη αξιοπιστία του Σεναρίου 1 ως προς την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού οφείλεται στην αιολική ενέργεια, που τροφοδοτεί πρώτα τις μονάδες αφαλάτωσης έναντι του αντλητικού σταθμού για άντληση θαλασσινού νερού.
- Από την ανάλυση των παραπάνω δύο σεναρίων προκύπτει πως η αξιοπιστία στην κάλυψη των αναγκών της ύδρευσης είναι αντιστρόφως ανάλογη της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών.
- Σε όλα τα σενάρια παρατηρούνται αυξημένες ανάγκες τους θερινούς μήνες, με δυσμενέστερους τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, οι αιχμές των οποίων καλύπτονται κυρίως από τον ΤΣΠ της Κω.
- Το Σενάριο 1, τόσο για τα 40 όσο και για τα 20 χρόνια λειτουργίας, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες μεταβολές.

- Από την άλλη το Σενάριο 2, για χρονικό ορίζοντα 20 ετών, εμφανίζει σημαντική βελτίωση αξιοπιστίας ως προς την ύδρευση και άρδευση, αφού παρατηρείται αύξηση της κάλυψης των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών κατά 10% και 23% αντίστοιχα. Η απόκριση του, ως προς την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές.
- Η συνολική αύξηση της αξιοπιστίας, που παρουσιάζεται στο Σενάριο 2, οφείλεται στον μικρότερο πληθυσμό που καλείται να εξυπηρετήσει στο σύνολο των 20 ετών λειτουργίας του.
- Η ανάλυση κόστους οφέλους λαμβάνει χώρα τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση της Λέρου, όσο και για τη θεωρητική, όπου περιλαμβάνει εκ νέου την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου και των μονάδων αφαλάτωσης. Από την ανάλυση αυτή, προκύπτει πως η εγκατάσταση του εξεταζόμενου έργου μπορεί να αποτελέσει μια κερδοφόρα επένδυση, ενώ παράλληλα μπορεί να καταστήσει τις τιμές τις kWh και του m³ πιο συμφέρουσες.

6.2 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, προκύπτουν ορισμένα εύλογα ζητήματα, τα οποία χρήζουν μελλοντικής έρευνας, είτε για τη βελτίωση του τεχνικού έργου, είτε για την αντιμετώπιση κάποιων ελλείψεων. Καταρχάς, η εφαρμογή της παρούσας μεθοδολογίας δύναται να εφαρμοστεί και σε άλλα ελληνικά νησιά τα οποία είτε είναι διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο της ΔΕΗ, είτε όχι, καλύπτουν τις ανάγκες τους από αυτόνομες συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας.

Επιπρόσθετα, η διασύνδεση της Λέρου με γειτονικά νησιά, ή ακόμη και με το ηπειρωτικό δίκτυο της ΔΕΗ, σε συνδυασμό με την επέκταση της συνολικής ισχύος του ΥΣ, θα μπορούσε να δώσει τη δυνατότητα στο νησί να εξάγει ρεύμα και τελικά να αυξήσει το κέρδος του δήμου του.

Τέλος, όταν ο ταμιευτήρας αφαλατωμένου νερού είναι γεμάτος πάνω από μια ορισμένη ποσότητα, που τον καθιστά δυνατό για κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών, μέρος του υδάτινου του όγκου θα μπορούσε να αξιοποιηθεί περαιτέρω. Συγκεκριμένα, θα ήταν δυνατός ο εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα, ώστε να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση, καθώς και η πώληση του νερού αυτού, μέσω υδροφόρων πλοίων, σε γειτονικά νησιά για επιπλέον κέρδος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αγγελάκης Α. Ν., Τεχνολογίες Αφαλάτωσης: Η εμπειρία των Ελληνικών ΔΕΥΑ, Ένωση ΔΕΥΑ, Λάρισα, 2015.

Αναγνωστοπούλου Μ. και Μπούσμπουρας Δ., 2008, «Επιπτώσεις των αιολικών πάρκων στα πουλιά» (Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία).

Ανανιάδου – Τζημοπούλου Μ. & Τσιούρης Σ. Ε., 2009, «Κλιματική Αλλαγή, βιώσιμη ανάπτυξη και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας», Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις: Ζήτη.

Βρεττός Ε., 2010, «Ενεργειακή Προσομοίωση και Βέλτιστη Διαστασιολόγηση Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ - Συσσωρευτών – Υδρογόνου», Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.

Εμμανουηλίδης Γ. και Κάραλης Γ., 2011, «Μονάδες αφαλάτωσης στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου, Τεχνολογίες, θεσμικό πλαίσιο, χρήση ΑΠΕ και μελέτες περίπτωσης: Πάτμος, Λειψοί, Θηρασιά. Ενεργειακό Γραφείο Ίου-Αιγαίου – Σύμβουλος των νησιών στον ενεργειακό σχεδιασμό».

Καγκαράκη. Κ., 1992, «Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία», Εκδόσεις Συμμετρία Αθήνα.

Κουτσογιάννης, Δ. και Ευστρατιάδης, Α., 2015. Σημειώσεις Αστικών Υδραυλικών Έργων Υδροδοτικά Έργα.

Κουτσογιάννης Δ., «Στατιστική Υδρολογία», Έκδοση 4, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.

Κρητικός Α., 2010. «Ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά». Αθήνα. Εκδόσεις: Νέων Τεχνολογιών.

Μαμάσης Ν., Κουτσογιάννης Δ. και Ευστρατιάδης Α. «Ανανεώσιμη Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Έργα», 8^ο εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ακαδημαϊκό έτος 2019-20.

Μουτάφης Π., Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα, 2008.

Μπαρδής Ι., Διαστασιολόγηση συστήματος διασφάλισης ενεργειακών και υδατικών αναγκών με χρήση ΑΠΕ στο νησί των Λειψών, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, Ιούνιος 2019.

Μπέρτσιου Μ., Αξιολόγηση Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στους Φούρνους Κορσέων, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 2016.

Μυσίρης Π., Αξιολόγηση ενός Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Νήσο Δονούσα, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, Ιούλιος 2015.

Παναγούλια, Δ. και Δήμου, Γ., 2000. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ. Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.

Παπαευθυμίου Σ., Συμβολή στην Ανάλυση Υβριδικών Αιολικών - Αντλησιοταμιευτικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012.

Ρίππη Α., Μαθηματική προσομοίωση υβριδικών συστημάτων. Το σύστημα της Ικάριας, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013.

Σαρρής Μ. Δ., Αξιολόγηση Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη νήσο Πάτμο, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, Οκτώβριος, 2018.

Σκουληκάρης Χ., Μαθηματική προσομοίωση για τη βιώσιμη διαχείριση έργων υδατικών πόρων σε κλίμακα λεκάνης απορροής, η περίπτωση του ποταμού Νέστου, Διδακτορική διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 2008.

Σκρουφούτα Σ., Διερεύνηση Διαστασιολόγησης Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ για τη Διασφάλιση των Ενεργειακών και Υδατικών Αναγκών στο Νησί της Καρπάθου, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, Μάρτιος 2020.

Τσακίρης, Γ., 2010. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ, Σχεδιασμός & Διαχείριση, ΤΟΜΟΣ Ι: Αστικά Υδρυλικά Έργα, Αθήνα.

Ξενογλωσση Βιβλιογραφία

Macknick, et al., 2011, A Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.

Manwell J F., 2004 Hybrid energy systems, Encyclopedia of Energy.

M.A. Mimikou, E.A. Baltas, and V.A. Tsihrintzis. (2016). Hydrology and Water Resource Systems Analysis, CRC Press-Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA ISBN: 978-1-4665-8130-2.

M. Bertsiou, E. Feloni, E. Baltas, Cost-benefit analysis for a Hybrid renewable energy system in Fournoi Island, 2016.

Negra, N.B., Birgitte, B.J., Sorensen, P., 2007. Model of a Synthetic Wind Speed Time Series Generator.

Tzen, E. and Morris, R., 2003., Renewable energy sources for desalination. Solar Energy.

Ιστοσελίδες

Πρωτόκολλο Κιότο <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128060>

Οδηγία 2009/28/ΕΚ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=en>

Νόμος 3468/2006

https://www.kodiko.gr/nomologia/document_navigation/11708/nomos-3468-2006

http://www.cres.gr/kape/epixeiriseis_ependites.htm

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

<http://www.cres.gr/cres/index.html>http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Apologismos_2003.pdf

<http://www.cres.gr/cres/index.html>

Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)

<http://www.rae.gr/site/portal.csp;jsessionid=c3fb776630d9274195a9a8b54a12b51ebb6c48b7def3.e3aPb3iLbxySe34KbxiQahmRa3r0n6jAmljGr5XDqQLvpAe>

Θεματικοί Χάρτες Εκτίμησης του Τεχνικά και Οικονομικά Εκμεταλλεύσιμου Δυναμικού της Αιολικής Ενέργειας στον Ελληνικό Χώρο από το ΚΑΠΕ

<http://www.cres.gr/kape/datainfo/maps.htm>

Ιστορικά στοιχεία Λέρου <https://www.leros.gr/leros-istoria.html>

https://www.lifo.gr/articles/travel_articles/201914/leros-mikri-se-megethos-megali-se-istoria

<https://www.kastra.eu/castlegr.php?kastro=leros>

http://filpap.blogspot.com/2017/09/blog-post_41.html

Ζώνες Ειδικής Προστασίας Λέρου

<https://ecoanemos.files.wordpress.com/2010/01/leros.pdf>

<https://www.geogreece.gr/natura.php>

Διάταγμα Υπουργείου Γεωργίας 1992

http://goodagro.org/docs/1992_Apofasi_Penman.pdf

FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56

<http://www.climasouth.eu/sites/default/files/FAO%2056.pdf>

Ταμείο Καινοτομίας – Innovation Fund 2020

<https://www.fundingprogrammesportal.gov.cy/easyconsole.cfm/page/programme/fid/488/ctype/pro>

https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_en

Συμφωνία Παρισιού <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/paris-agreement/>

<https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20191115STO66603/ee-kai-sumfonia-tou-parisiou-gia-to-klima-stochos-i-klimatiki-oudeterotita>

Ανάλυση Κόστους Οφέλους <https://www.euretirio.com/aposvesi-depreciation/>

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία <http://www.hnms.gr/emv/el/>

Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία <https://www.statistics.gr/>

Γενική Γραμματεία Πληροφοριακών Συστημάτων <https://www.gsis.gr/>

Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνοτροφίας, Επιχειρησιακό Σχέδιο Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020, Λέρος

<https://docplayer.gr/50049393-Perifereia-notioy-aigaiou-geniki-dieythynsi-perifereiakis-agrotikis-oikonomias-kai-ktiniatrikis-epiheirisiako-she-io-agrotikis-anaptyxis.html>